جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
مركز بحوث الإسكان و البناء

الكود المصرى
لأعمال الطرق الحضرية و الخلوية

الجزء السابع : الصرف السطحي والجوفى للطرق

اللجنة الدائمة
لإعداد أسس تصميم وأشتراطات تنفيذ أعمال الطرق
الحضرية و الخلوية

قرار وزارى رقم ١٦٣ لسنة ١٩٩٨

الطبعة الاولى ١٩٩٨

وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

مكتب الوزير

قرار وزاري

رقم ١٦٣ لسنة ١٩٩٨

بشأن الكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية

الجزء السابع : الصرف السطحي والجوفي

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الاطلاع على القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ في شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى قرار رئيس الجمهورية رقم (٤٦) لسنة ١٩٧٧ في شأن الهيئة العامة لمركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني .
- وعلى القرار الوزاري رقم (١٦١) لسنة ١٩٩٢ بتشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية.
- وعلي القرار الوزاري رقم (٤٩٢) لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى المذكرة المقدمة من السيد الاستاذ الدكتور رئيس اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية بتاريخ ٣٠ / ٥ /١٩٩٨ .

قـــــرر

مادة (١) : يتم العمل بالجزء السابع من الكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية والخاص بالصرف السطحي والجوفي للطرق.

مادة (٢) : تلتزم الجهات المعنية والمذكورة في القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود.

مادة (٣) : يتولي مركز بحوث الإسكان والبناء علي نشر ما جاء بهذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٤) : ينشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعتبر نافذاً بعد مرور ستة أشهر من تاريخ النشر .

وزير الاسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

صدر في ١٥/ ٦/ ١٩٩٨

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

الباب الاول

الحسابات المورفولوجية الكمية لاحواض الوديان

مقدمة:

يوجد العديد من الطرق والنماذج الرياضية التى يمكن استخدامها للحصول على توزيع التصرف مع الزمن(هيدروجراف التدفق السطحى) للوديان. وتتراوح هذه الطرق بين البساطة والتعقيد وتلك التى لها اساس نظرى والاخرى التى تعتمد على معادلات تم استنباطها من واقع التجارب الحقلية والمعملية. وأحد هذه النماذج التى تعتمد على النظريات الاحصائية وشكل حوض الوادى وخصائصه هو النموذج الهيدرومورفولوجى.

والمعادلات التي يتم استخدامها في هذا النموذج معادلات احصائية معقدة ولذلك لن يتم عرضها في هذا الجزء من الكود وسوف يتم الاكتفاء بعرض البيانات والخصائص المورفولوجية اللازمة لتشغيل هذا النموذج. ومما هو جدير بالذكر انه متى تم الحصول على هذه البيانات وتحديد هذه الخصائص فانه يمكن التعرف على خصائص الوادى بصورة كاملة وكذلك يمكن تشغيل النموذج الهيدرومورفولوجي للحصول على تصرف الوادى.

تتحكم العوامل الجيولوجية والجيومورفولوجية فى توزيع مياه الامطار. وعندما تسقط مياه الامطار على صخور القشرة الارضية فان جزءا منها يعود مباشرة للهواء على هيئة بخار بينما يتسرب جزءا اخر الى داخل القشرة الارضية خلال الصخور المسامية بينما ينساب الجزء الثالث على سطح الارض على هيئة روافد صغيره للمياه وتتجمع فى الوديان. ويختلف توزيع مياه الامطار والعوامل الثلاثة الرئيسية (البخر - التسرب - الجريان السطحى) باختلاف فصول السنة والخصائص الجيولوجية والمورفولوجية للمنطقة التى تسقط عليها الامطار.

وتتوقف سرعة الماء فى مجرى الوادى على:

١. انحدار قاع المجرى: فكلما زاد انحدار المجرى كلما زادت سرعة الماء - وعلى ذلك فالسرعة تقل كلما ابتعدنا عن المنبع واتجهنا ناحية المصب.

٢.شكل وتكوين جدران الوادى : فعدم انتظام جدران المجرى يسبب صعوبة سريان الماء لكثرة احتكاكه بالجدران والقاع.

٣.مقدار الرواسب التى يحملها الماء: هذا المقدار غير ثابت ويتأثر بتصرف المياه الجاريه وبالمقدار المتغير من فتات الصخور التى تحملها الروافد للمجرى الرئيسى – ولكن الثابت ان هناك علاقة واضحة بين سرعة الماء وحجم الحبيبات وكمية الرواسب التى يحملها. وتزداد قدرة المجرى المائى على النقل بازدياد سرعته كما يتبين ذلك من الجدول رقم(١-١).

جدول رقم (١-١) : العلاقة بين سرعة الماء وقدرته على حمل المواد الرسوبية

سرعة التيار بالمترفى الثانية	طبيعة المواد التى يمكن ان يحملها
٠,٢	رمل دقيق
٠,٣	رمل متوسط
٠,٤	رمل خشن
٠,٦	حصى صغير
١,٦	حصى كبير
١١,٧ (٤٠ كم/ ساعة)	كتل

١-١ الخصائص المورفولوجية للوديان :

يمكن حساب تصرف الوادى وسرعة السيل بدلالة خصائص قطاع الوادى عند نقطة قياس معينة وذلك اذا توافرت القياسات المناسبة عند هذه النقطة وتشمل هذه الخصائص :

١ – مساحة مقطع الوادى المغمور بالمياه عند نقطة القياس A متر مربع.

٢ – سرعة المياه عند نقطة القياس V متر/ ثانية.

٣ - عرض سطح المياه عند نقطة القياس W متر.

٤ - العمق الهيدروليكى الجيومترى عند نقطة القياس D متر.

يتم الحصول على هذه الخصائص للوديان من القطاعات الطولية والعرضية لمجرى الوادى باستخدام الصور الجوية أو الخرائط المساحية أو المساحة الحقلية. ويبدأ العمل بتحديد مجرى الوادى باستخدام الصور الجوية وعمل القطاعات الطولية والعرضية المبدئية باستخدام الخرائط المساحية ذات مقياس رسم مناسب، ثم عمل قطاعات تفصيلية فى الطبيعة بواسطة الاجهزه المساحية فى الاماكن المختارة من الوادى.

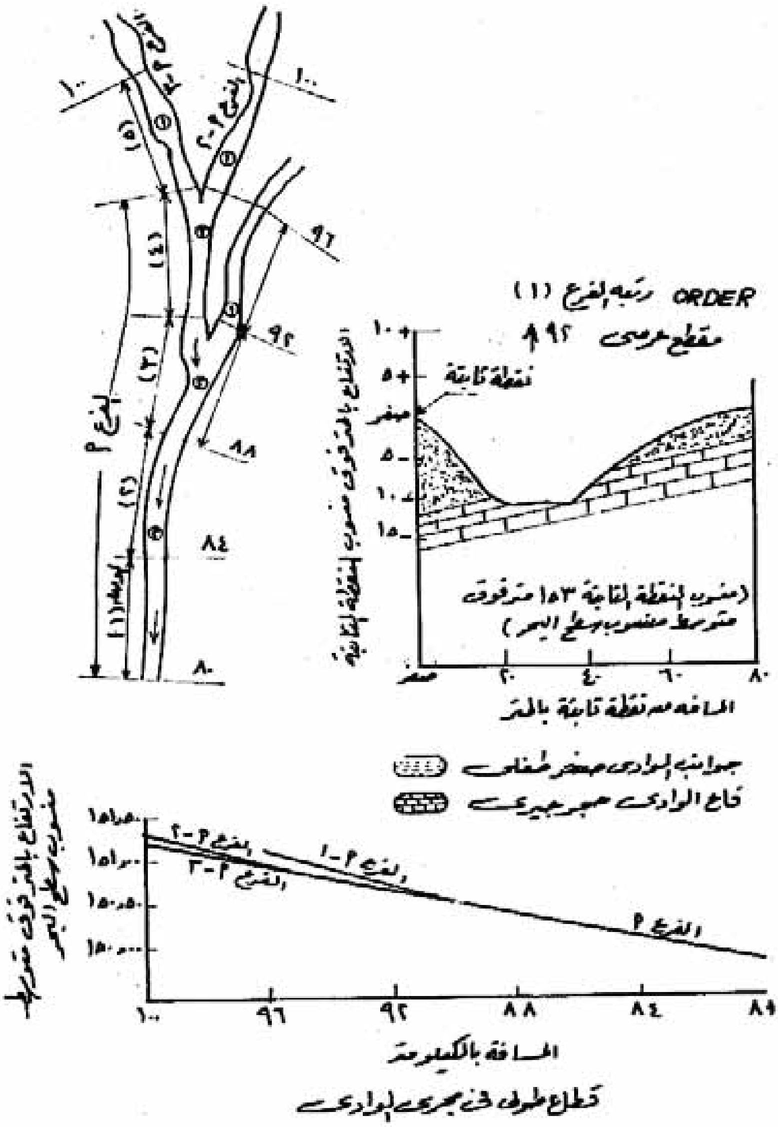
وتستخدم القطاعات الطولية والعرضية فى معرفة ترسيبات السيول ومدى نقص او زيادة الترسيبات فى مجرى الوادى بواسطة السيول. كما تستخدم القطاعات الطولية والعرضية فى معرفة ميول الوادى فى اجزائه المختلفة، ومتوسط ميل مجرى الوادى، وتستخدم القطاعات العرضية فى معرفة مساحة مقطع الوادى فى اجزائه المختلفه، ومتوسط مساحة مقطع الوادى، وعلاقة ميول مجرى الوادى ومساحات مقطعه فى ترسيبات السيول، كما تستخدم فى الحسابات الهيدرولوجية الاخرى مثل تصرفات الوادى وسرعة تدفق السيل. ويبين الشكل رقم(١-١) احد النماذج لقياس قطاع طولى باحد الوديان ومواقع القطاعات العرضية عليه.

١-١-١ العلاقة بين تصرف الوادى وسرعة السيل وعرض سطح المياه وعمقها

ويعبر عن العلاقة بين تصرف الوادى Q عند نقطة القياس فى احد الاماكن بالوادى، وسرعة السيل V عند هذه النقطة، وعرض سطح المياه W، والعمق الهيدروليكى الجيومترى للمياه D عند نقطة القياس بالمعادلة التالية، وتعرف هذه العوامل بالعوامل المورفولوجية الكمية لمجرى الوادى.

$$Q = WDV$$

$$D = A/W$$



شكل رقم (١-١) : مثال لقطاع طولى فى مجرى أحد الوديان ومواقع المقاطع العرضية

وترتبط العوامل المورفولوجية الكمية السابقة W,D,V مـــع تصـــرف الـــوادىQ بالعلاقات الرياضية الاتية :

$$W = a\,Q^{b}$$
$$D = c\,Q^{f}$$
$$V = kQ^{m}$$

حيث a,c,k,b,f,m قيم ثابته ترتبط ببعضها بالعلاقات التالية:

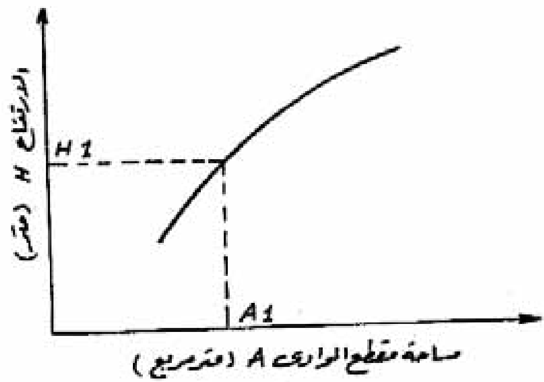
$$b + f + m = 1$$
$$a\,c\,k = 1$$

ويتم عند نقطة القياس عمل قطاع عرضى مساحى للوادى ويرسم مقطع الـــوادى كما يرسم منحنى يمثل مساحة مقطع الوادى مع الارتفاعات وذلك بالاستعانة بنقطة مثلثات اواحدى النقط الثابتة. شكل رقم (١-٢). ويجرى عند نقطة القياس لخذ عدة تسجيلات مختلفة لسرعة مياه السيلV وعرض سطح المياه W عند قيـــم مختلفـــة لتصرف الوادى Q عند نقطة القياس وبالاستعانة بالمنحنى الذى يمثل العلاقة بيـــن مساحة مقطع الوادى المغمور بالمياه A وارتفاع المياه بالنسبة لمنسوب معين يمكن معرفة العمق الهيدروليكى الجيومترى D للعرض W عند نقطة القياس. ويرســـم العلاقة بين D,W عند هذه النقطة على ورقة بيانية لوغاريتمية والتى تعطى خـــط مستقيم شكل رقم (١-٣) معادلته هى:

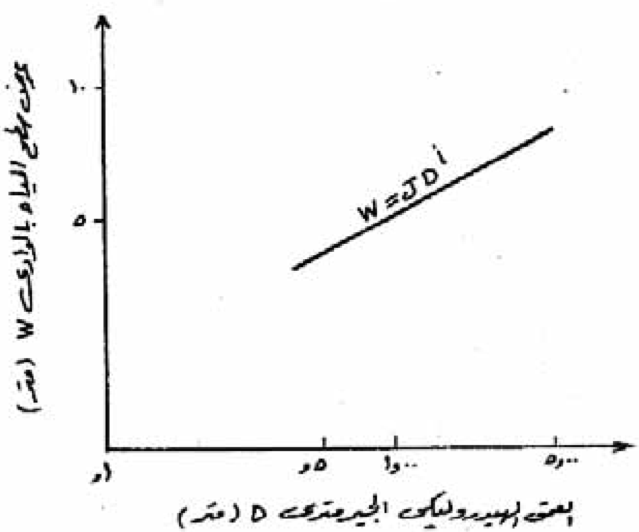
$$W = J\,D^{i}$$

حيث : j , i قيم ثابته تتعلق بالخصائص المورفولوجية للوادى عند نقطة القياس.

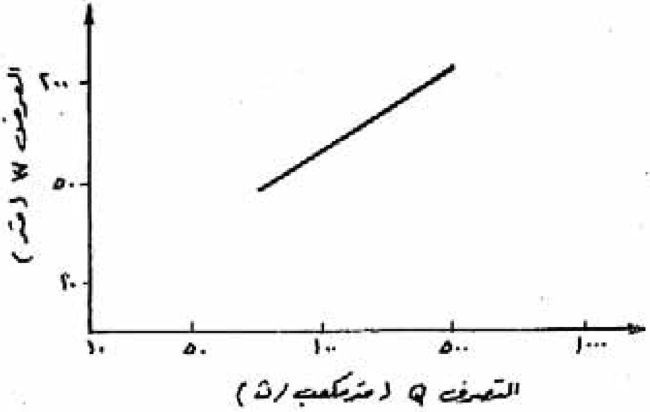
وترسم العلاقات الخاصة بالعوامل المورفولوجية الكمية لمجرى الوادى على اوراق بيانية لوغاريتمية تمثل العلاقة بين Q,W شكل رقم (١-٤-أ) والعلاقة بيـــن Q,D شكل رقم (١-٤-ب) والعلاقة بين Q,V شكل رقم (١-٤-ج).



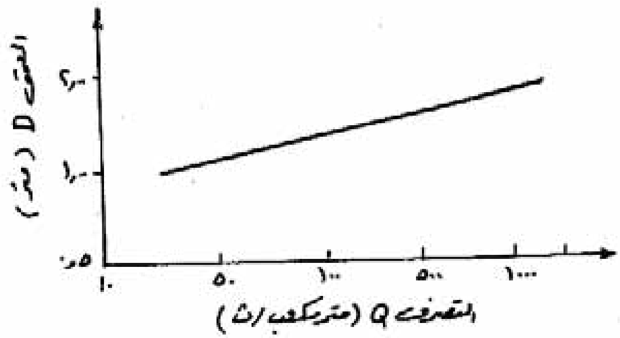
شكل رقم (١-٢) العلاقة بين مساحة مقطع الوادى وارتفاع المياه بالنسبة لمنسوب معين



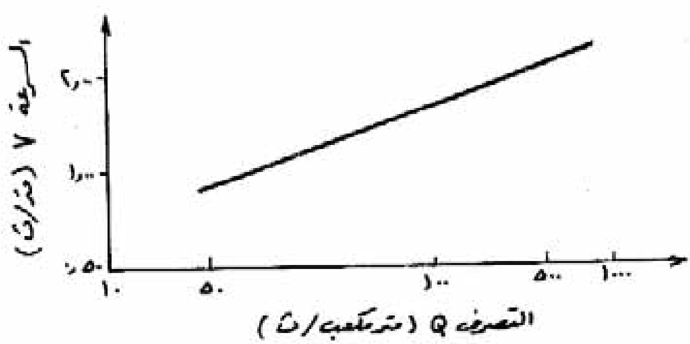
شكل رقم (١-٣) : مثال لكيفية رسم العلاقة بين عرض سطح المياه بالوادى W والعمق الهيدروليكى الجيومترى D عند نقطة القياس



شكل رقم(١-٤-أ) : يوضح العلاقة بين Q,W



شكل رقم(١-٤-ب) : يوضح العلاقة بين D,Q



شكل رقم(١-٤-ج) : يوضح العلاقة بين V, Q

١-١-٢ العلاقة بين ميول مجرى الوادى ومقاس الحبيبات

ترتبط ميول القطاعات الطولية بمجرى الوادى بمقاس حبيبات الترسيبات التى تنقلها السيول وترسبها فى قاع الوادى. ومن ناحية اخرى تؤثر مواد الترسيبات فى قاع الوادى ومقاس حبيباتها وخشونة قاع الوادى تأثيرا كبيرا على تدفق السيل فى الوادى. ولذلك يجب معرفة نوعية الترسيبات الموجودة فى قاع الوادى بأخذ عينات منها اثناء عمل القطاعات الطولية والعرضية وتحديد اماكن هذه العينات، ووضعها فى اكياس قماش مناسبة يكتب عليها اسم الوادى ومكان موقع العينة ثم ترسل الى المعمل لاجراء التحليل الليثولوجى لها ومعرفة نوع هذه الترسيبات واصل الصخور التى نشأت منها ومدى استدارة حبيباتها ونسبة الرمال والطمى والطين فيها ، كما يجرى لهذه العينات التحليل الميكانيكى لحبيباتها لتحديد هذه العلاقات والمعاملات.

١-٢ استخدام المعاملات المورفولوجية للوديان الصغيرة الحجم والمتوسطة لحساب تصرف مياه السيول:

تستخدم المعاملات المورفولوجية فى حسابات كميات مياه السيول المتصرفة من الوديان الصغيره الحجم والمتوسطة والمطلوبه لرسم منحنى الهيدروجراف الخاص بحوض الوادى وذلك باستخدام بعض الطرق البسيطة مثل الطريقة المنطقية (Rational Method).

واهم المعاملات المورفولوجية التى تستخدم فى مثل هذه الوديان هى مساحة حوض الوادى، وطول المجارى المائية وميولها، ومن الممكن استنتاج هذه المعاملات المورفولوجية من الخرائط المساحية ذات مقياس رسم مناسب يتراوح من ١:١٠٠,٠٠٠ الى ١:٢٥,٠٠٠ وتستخدم لطوال المجارى المائية وميولها فى حساب زمن التركيز لمياه السيول (Time of concentration) عند نقط موزعة فى حوض الوادى تساعد على رسم كنتورات زمن التركيز المتساوى.

١-١-٢ العلاقة بين ميول مجرى الوادى ومقاس الحبيبات

ترتبط ميول القطاعات الطولية بمجرى الوادى بمقاس حبيبات الترسيبات التى تنقلها السيول وترسبها فى قاع الوادى. ومن ناحية اخرى تؤثر مواد الترسيبات فى قاع الوادى ومقاس حبيباتها وخشونة قاع الوادى تأثيرا كبيرا على تدفق السيل فى الوادى. ولذلك يجب معرفة نوعية الترسيبات الموجودة فى قاع الوادى بأخذ عينات منها اثناء عمل القطاعات الطولية والعرضية وتحديد اماكن هذه العينات، ووضعها فى اكياس قماش مناسبة يكتب عليها اسم الوادى ومكان موقع العينة ثم ترسل الى المعمل لاجراء التحليل الليثولوجى لها ومعرفة نوع هذه الترسيبات واصل الصخور التى نشأت منها ومدى استدارة حبيباتها ونسبة الرمال والطمى والطين فيها ، كما يجرى لهذه العينات التحليل الميكانيكى لحبيباتها لتحديد هذه العلاقات والمعاملات.

١-٢ استخدام المعاملات المورفولوجية للوديان الصغيرة الحجم والمتوسطة لحساب تصرف مياه السيول:

تستخدم المعاملات المورفولوجية فى حسابات كميات مياه السيول المتصرفة من الوديان الصغيره الحجم والمتوسطة والمطلوبه لرسم منحنى الهيدروجراف الخاص بحوض الوادى وذلك باستخدام بعض الطرق البسيطة مثل الطريقة المنطقية (Rational Method).

واهم المعاملات المورفولوجية التى تستخدم فى مثل هذه الوديان هى مساحة حوض الوادى، وطول المجارى المائية وميولها، ومن الممكن استنتاج هذه المعاملات المورفولوجية من الخرائط المساحية ذات مقياس رسم مناسب يتراوح من ١:١٠٠,٠٠٠ الى ١:٢٥,٠٠٠ وتستخدم اطوال المجارى المائية وميولها فى حساب زمن التركيز لمياه السيول (Time of concentration) عند نقط موزعة فى حوض الوادى تساعد على رسم كنتورات زمن التركيز المتساوى.

ويوضح المثال التطبيقى التالى كيفية حساب تصرف احد الوديان الصغيره الحجم باستخدام هذه المعاملات المورفولوجية، حيث تقسم خطوط تساوى زمن التركيز مساحة حوض الوادى الى عدد من المساحات الداخلية. وتستخدم اطوال المجارى المائية وميولها لحساب زمن التركيز باستخدام معادلة كيربش (Kirpich).

وفى هذه الطريقة يجب تقدير معامل الجريان السطحى(Runoff Coefficient) بكل دقة لكل مساحة من المساحات.

مثال تطبيقى:

سقطت امطار عاصفة رعدية ممطرة شدتها ١٠مم/ كيلو متر مربع. وقد رسمت خطوط كنتورية ذات ازمنة تركيز لمياه السيل وذلك باستخدام معادلة كيربش (AA, BB, DD) كما هو مبين بالرسم شكل (١ – ٥) ، (١-٦) والتى لها ازمنة تركيز قدرها ١و٢و٣و٤ ساعات على التوالى. وقد قسمت هذه الكنتورات مساحة الوادى الى اربعة مساحات صغيرة هى٠,٢ ، ٠,٣، ٠,٥، ٠,٤ كم مربع علـى التوالى وقدرت قيمة معامل الجريان السطحى (Runoff Coefficient, C) على النحو التالى ٠,٥، ٠,٦، ٠,٧، للازمنة ١،٢،٣ ساعات لسقوط الامطار على التتابع ثم ظلت ثابتة بعد ذلك بقيمة قدرها ٠,٨ والمطلوب حساب كمية مياه السيل المتصرفة من الوادى لهذه العاصفة الممطرة بفاصل زمنى قدره ساعة واحدة مع رسم الهيدروجراف الخاص بتصرف الوادى.

١–٣ الحسابات المورفولوجية الكمية لاحواض الوديان الكبيرة

يوجد كثير من الحسابات المورفولوجية لاحواض الوديان والتى تفيد فى تحديد هذه الوديان مما ينعكس على قيم تصرفات الوديان وسرعات السيول وتستخدم هذه الخصائص فى النماذج الرياضية للحسابات الهيدرولوجية للسيول وفيما يلى شرح مبسط لاهم هذه الحسابات.

ويوضح المثال التطبيقى التالى كيفية حساب تصرف احد الوديان الصغيره الحجم باستخدام هذه المعاملات المورفولوجية، حيث تقسم خطوط تساوى زمن التركيز مساحة حوض الوادى الى عدد من المساحات الداخلية. وتستخدم اطوال المجارى المائية وميولها لحساب زمن التركيز باستخدام معادلة كيربش (Kirpich).

وفى هذه الطريقة يجب تقدير معامل الجريان السطحى(Runoff Coefficient) بكل دقة لكل مساحة من المساحات.

مثال تطبيقى:

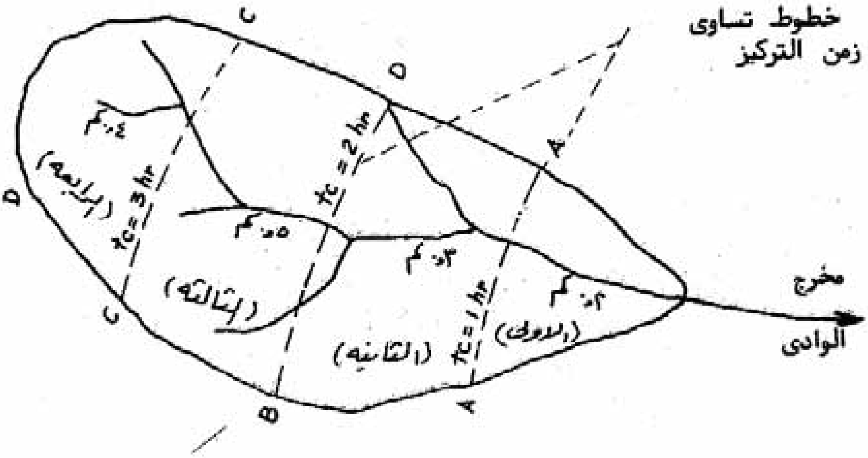
سقطت امطار عاصفة رعدية ممطرة شدتها ١٠مم/ كيلو متر مربع. وقد رسمت خطوط كنتورية ذات ازمنة تركيز لمياه السيل وذلك باستخدام معادلة كيربش (AA, BB, DD) كما هو مبين بالرسم شكل (١ – ٥) ، (١-٦) والتى لها ازمنة تركيز قدرها ١و٢و٣و٤ ساعات على التوالى. وقد قسمت هذه الكنتورات مساحة الوادى الى اربعة مساحات صغيرة هى٠,٢ ، ٠,٣، ٠,٥، ٠,٤ كم مربع على التوالى وقدرت قيمة معامل الجريان السطحى (Runoff Coefficient, C) على النحو التالى ٠,٥، ٠,٦، ٠,٧، للازمنة ١،٢،٣ ساعات لسقوط الامطار على التتابع ثم ظلت ثابتة بعد ذلك بقيمة قدرها ٠,٨ والمطلوب حساب كمية مياه السيل المتصرفة من الوادى لهذه العاصفة الممطرة بفاصل زمنى قدره ساعة واحدة مع رسم الهيدروجراف الخاص بتصرف الوادى.

١-٣ الحسابات المورفولوجية الكمية لاحواض الوديان الكبيرة

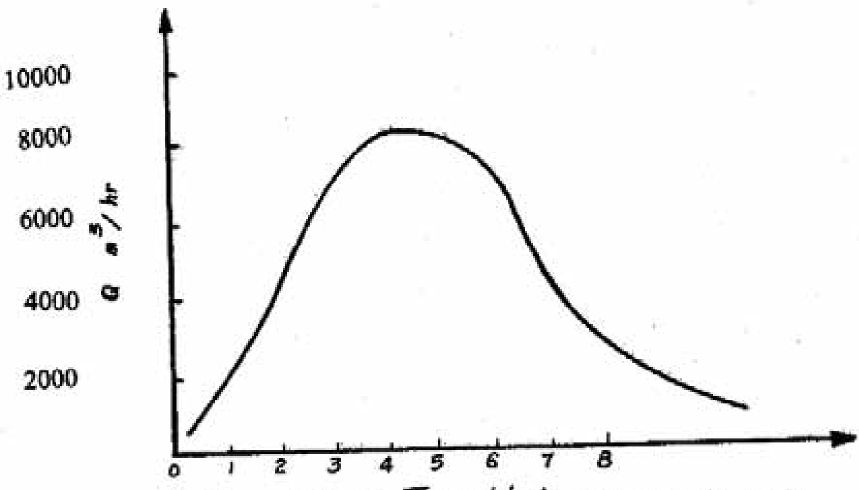
يوجد كثير من الحسابات المورفولوجية لاحواض الوديان والتى تفيد فى تحديد هذه الوديان مما ينعكس على قيم تصرفات الوديان وسرعات السيول وتستخدم هذه الخصائص فى النماذج الرياضية للحسابات الهيدرولوجية للسيول وفيما يلى شرح مبسط لاهم هذه الحسابات.

حساب تصرف مياه السيل من الوادى

المساحات التى لها مساحة الوادى	الزمن بالساعة منذ بداية العاصفة						
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
الأولى	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢			
الثانية		٠,٣	٠,٣	٠,٣	٠,٣		
الثالثة			٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥	
الرابعة				٠,٤	٠,٤	٠,٤	٠,٤
الأولى	١٠٠/١٠X٠,٢X٠,٥	١٠٠٠/١٠X٠,٢X٠,٦	١٠٠٠/١٠X٠,٢X٠,٧	١٠٠٠/١٠X٠,٢X٠,٨			
الثانية		١٠٠٠/١٠X٠,٣X٠,٥	١٠٠٠/١٠X٠,٣X٠,٦	١٠٠٠/١٠X٠,٣X٠,٧	١٠٠٠/١٠X٠,٣X٠,٨		
الثالثة			١٠٠٠/١٠X٠,٥X٠,٥	١٠٠٠/١٠X٠,٤X٠,٥	١٠٠٠/١٠X٠,٥X٠,٧	١٠٠٠/١٠X٠,٥X٠,٨	
الرابعة				١٠٠٠/١٠X٠,٤X٠,٥	١٠٠٠/١٠X٠,٣X٠,٦	١٠٠٠/١٠X٠,٤X٠,٧	١٠٠٠/١٠X٠,٤X٠,٨
إجمالى التصرف	٦١٠X٠,٠٠١	٦١٠X٠,٠٠٢٧	٦١٠X٠,٠٠٥٧	٦١٠X٠,٠٠٨٧	٦١٠X٠,٠٠٨٣	٦١٠X٠,٠٠٦	٦١٠X٠,٠٠٣٢
التصرف م٣/ ساعة	١٠٠٠	٢٧٠٠	٥٧٠٠	٨٧٠٠	٨٣٠٠	٦٠٠٠	٣٢٠٠



شكل رقم (١-٥): رسم تخطيطى للوادى يبين اقسامه الاربعة وخطوط الكنتور الخاصة بزمن التركيز tc ومساحة كل قطعة



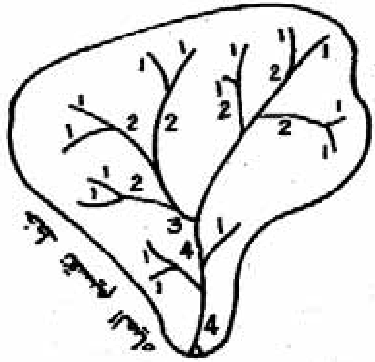
شكل رقم (١-٦): رسم الهيدروجراف الخاص بالوادى

١-٣-١ تقسيم افرع الوديان Stream Ordering

تقسم افرع الوديان الى مراتب، بحيث يحمل كل فرع رقم يمثل مرتبته. وتدخل مراتب افرع الوديان في النماذج الرياضية للحسابات الهيدرولوجية وتآكل الوديان. واكثر طرق التقسيم شيوعا هو تقسيم سترالر.

تقسيم سترالر لافرع الوديان Strahlers Stream Ordering

ويبدأ هذا التقسيم من خط تقسيم المياه ثم نزولا مع مجارى الافرع، بحيث تأخذ الافرع التي تبدأ بالقرب من خط تقسيم المياه المرتبة الاولى. والقاعدة العامة لتقسيم سترالر هي: اذا التقى فرعان متساويان من الرتبة (U)، فسيتحدان في فرع رتبته اعلى منها بواحد (U + 1). اما اذا التقى فرعان غير متساويين في الرتبة فيستمر الفرع ذو الرتبة الاكبر برقمه دون تغيير، كما هو مبين بالشكل رقم (١-٧) وعلى سبيل المثال اذا التقى فرعان من المرتبة الاولى فسيتحدان في فرع من المرتبة الثانية، واذا التقى فرعان من المرتبة الثانية فسيتحدان في فرع من المرتبة الثالثة، وهكذا حتى مخرج الوادي. اما اذا التقى مثلا فرع من الرتبة الاولى بفرع آخر من الرتبة الثانية فيستمر الفرع ذو الرتبة الثانية دون تغيير.



شكل رقم (١-٧): نظام تقسيم سترالر للافرع

١-٣-٢ معامل التفرع Bifurcation Ratio

يتم حساب معامل التفرع (R_b) Bifurcation Ratio بعد تقسيم افرع الوديـــان الـــى مراتبها باتباع طريقة تقسيم سترالر، وباستخدام الصور الجوية والخرائط المســلحية ذات مقياس الرسم المناسب، ثم يتم عد عدد الوصلات او الافرع (N_u) فى كـــل رتبة (U)، ثم يتم حساب معامل التفرع (R_b) بالاسلوب التالى:

أ - ترسم العلاقة بين لوغاريتم عدد وصلات كل رتبة $(Log \quad N_u)$ مع المرتبـــة الخاصة بها(U)، وذلك باستخدام ورقة بيانية عادية محورها الرأسى يمثل لوغاريتم عدد الوصلات $(Log \quad N_u)$ ويمثل المحور الافقى المرتبــة(U). وتعطـــى هـــذه العلاقة خط مستقيم معادلته:

$$Log \quad N_u = a - b^u$$

$Log \quad N_u$: لوغاريتم عدد وصلات الرتبةU

U: مرتبة الوصلات او الافرع

a,b: قيم ثابته

ومن هذه المعادلة يمكن حساب معامل التفرع (R_b) :

$$R_b = Log^{-1} b$$

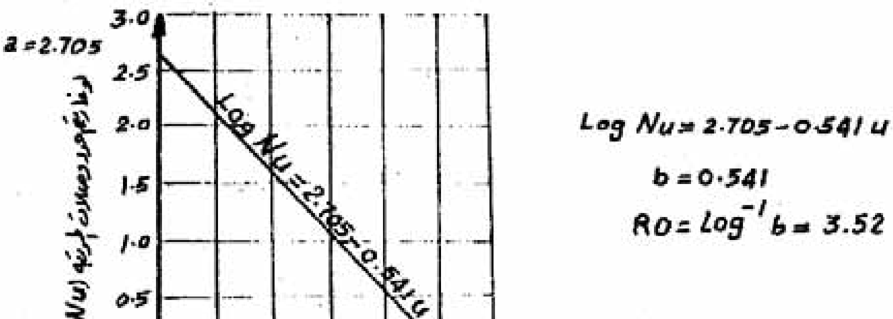
مثال تطبيقى:

يبين الجدول التالى عدد الوصلات (N_u) لكل رتبة(U) للافرع المختلفة فى حـــوض احد الوديان شكل رقم(١-٨). ولايجاد معامل التفرع (R_b) رسمت العلاقـــة بيـــن لوغاريتم عدد الوصلات $(Log \quad N_u)$ مع الرتبة (U) شكل رقم (١-٩).

ومن هذا الرسم امكن ايجاد قيمة معامل التفرع لهذا الوادى.



شكل رقم(١–٨): شبكة أفرع احد الوديان(مثال تطبيقى)
والشبكة مقسمة طبقا لتقسيم سترالر



شكل رقم (١–٩) التمثيل البيانى لعدد وصلات الأفرع

الرتبه U	عدد الوصلات (N_u)	$Log\ N_u$
١	١٣٩	٢,١٤٣٠١
٢	٤٦	١,٦٦٢٧١
٣	١١	١,٠٤١٣٩
٤	٣	٠,٤٧٧١٢
٥	١	٠,٠٠٠٠

الفرع الرئيسى فى حوض الوادى هو دائما فرع واحد، ولذلك فان لوغاريتم عـــدد الفرع الرئيسى هو صفر، ومن الرسم البيانى فى الشكل السابق:

قيمة (a) هى تقاطع الخط المستقيم مع المحور الرأسى.

$$a = 2.705$$

$$b = a / U_k$$

$$= 2.705 / 5 = 0.541$$

حيث:

U_k: مرتبة الفرع الرئيسى.

١-٣-٣ معامل المساحة (R_a) Area Ratio

يتم حساب معامل المساحة (R_a) Area Ratio بعد قياس اجمالى المســاحات الكليــة لافرع كل رتبة (A_{ut}) على حدة، وذلك باستخدام الصور الجوية والخرائط المساحية ذات مقياس رسم مناسب وباستعمال جهاز البلانيمتر لقياس المســاحات، ثــم يتــم حساب معامل المساحة (R_a) بيانيا بالاسلوب التالى:

أ. تقسم المســاحة الكليــة (A_{ut}) لافــرع الرتبــة (U) علــى عــدد افــرع هــذه الرتبة (N_u) لايجاد متوسط مساحة تجميع الفرع الواحد (A_u) فى هذه الرتبة:

$$A_u = A_{ut} / N_u$$

ب – ترسم العلاقة بين لوغاريتم متوسط مساحة تجميع الفرع $(Log \quad A_u)$ لكل رتبة مع الرتب المختلفة للافرع (U)، وذلك باستخدام ورقة بيانية عادية محورها الرأسي يمثل لوغاريتم متوسط مساحة تجميع الفرع $(Log \quad A_u)$ويمثل المحور الافقى رتبة الافرع (U)، شكل (١-١٠-أ).

وتعطى هذه العلاقة خط مستقيم معادلته:

$$Log \quad A_u = -c + du$$

حيث:

$Log \quad A_u$: لوغاريتم متوسط مساحة تجميع الفرع من رتبة (U)

U : رتبة الافرع او الوصلات

c,d : قيم ثابته

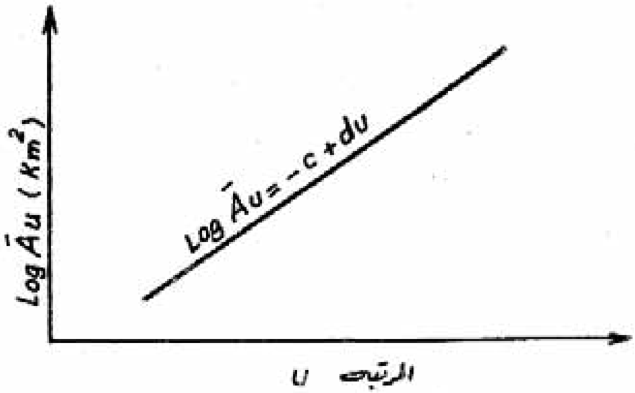
ومن هذه المعادلة يمكن ايجاد معامل المساحة (R_a)

١-٣-٤ معامل الطول (R_L) Length Ratio

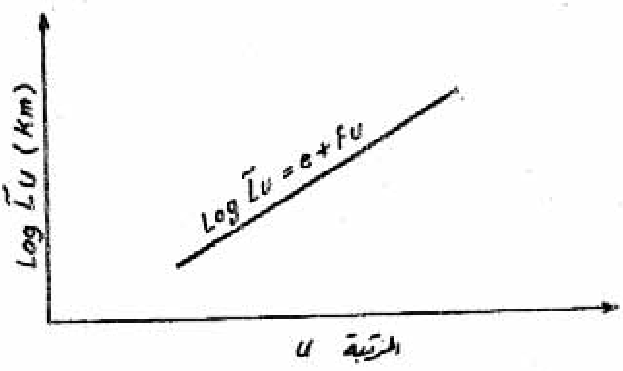
يتم حساب معامل الطول Length Ratio (R_L) بعد قياس اجمالى اطوال افرع كل رتبة (L_{ut})، وذلك باستخدام الصور الجوية المساحية ذات مقياس الرسم المناسب وباستعمال عجلة قياس الطوال. ثم يتم حساب معامل الطول(R_L) بيانيا بالاسلوب التالى:

أ- يتم حساب متوسط طول فرع كل رتبة(L_u) وذلك بقسمة اجمالى اطوال افرع كل رتبة(L_{ut}) على عدد افرع الرتبة(N_u)

$$L_u = L_{ut} / N_u$$



الشكل رقم (١-١٠-أ): يمثل العلاقة بين $Log \quad A_u \quad ,U$



شكل رقم (١-١٠-ب): يمثل العلاقة بين $Log\, L_u \quad ,U$

ب – ترسم العلاقة بين لوغاريتم متوسط طول فرع كل رتبة ($Log\, L_u$) مع رتبة الافرع المختلفة (U)، وذلك باستخدام ورقة بيانية عادية محورها الرأسى يمثل لوغاريتم متوسط طول فرع كل رتبة ($Log\, L_u$) ويمثل المحور الافقى رتبة الافرع (U)، شكل رقم (١-١٠-ب) وتعطى هذه العلاقة خط مستقيم معادلته:

$$Log\ \ \overline{L}_u = -e + fU$$

حيث:

$Log\, L_u$: لوغاريتم متوسط طول الفرع من الرتبة(U)

U: رتبة الفرع

e,f: قيم ثابتة

ومن هذه المعادلة يمكن ايجاد معامل الطول (R_L) كما يلى:

$$R_L = Log^{-1} f$$

١-٤ العلاقة بين موقع الطريق والوادى

عند النظر الى الخرائط الطبوغرافيه او الصور الجويه التى توضح الاودية التى تؤثر على الطريق وبعد توقيع المسار(او المسارات) المقترحه للطريق يلاحظ انه يمكن ان تكون هناك نوعان من انواع التقاطعات بين الطريق واى من الاوديه المؤثرة هما:

١- **التقاطع المباشر**: وهو التقاطع الذى يكون فيه الوادى متقاطع مع الطريق بحيث يمكن أن يمر تصرف الوادى من جهه الى اخرى من الطريق ويمكن ان يكون هذا التقاطع بين المجرى الرئيسى للوادى مع الطريق فى موقع واحد ويمكن ان يكون مجموعة من التقاطعات لمجموعة من الممرات مع الطريق فى عدة مواقع.

ب – ترسم العلاقة بين لوغاريتم متوسط طول فرع كل رتبة ($Log\, L_u$) مع رتبة

الافرع المختلفة (U)، وذلك باستخدام ورقة بيانية عادية محورها الرأسى يمثل لوغاريتم متوسط طول فرع كل رتبة ($Log\, L_u$) ويمثل المحور الافقى رتبة

الافرع (U)، شكل رقم (١-١٠-ب) وتعطى هذه العلاقة خط مستقيم معادلته:

$$Log\ \ \overline{L}_u = -e + fU$$

حيث:

$Log\, L_u$: لوغاريتم متوسط طول الفرع من الرتبة(U)

U: رتبة الفرع

e,f: قيم ثابتة

ومن هذه المعادلة يمكن ايجاد معامل الطول (R_L)كما يلى:

$$R_L = Log^{-1} f$$

١-٤ العلاقة بين موقع الطريق والوادى

عند النظر الى الخرائط الطبوغرافيه او الصور الجويه التى توضح الاودية التى تؤثر على الطريق وبعد توقيع المسار(او المسارات) المقترحه للطريق يلاحظ انه يمكن ان تكون هناك نوعان من انواع التقاطعات بين الطريق واى من الاوديه المؤثرة هما:

١- **التقاطع المباشر**: وهو التقاطع الذى يكون فيه الوادى متقاطع مع الطريق بحيث يمكن أن يمر تصرف الوادى من جهه الى اخرى من الطريق ويمكن ان يكون هذا التقاطع بين المجرى الرئيسى للوادى مع الطريق فى موقع واحد ويمكن ان يكون مجموعة من التقاطعات لمجموعة من الممرات مع الطريق فى عدة مواقع.

٢- التقاطع الموازى: وهو التقاطع الذى يكون فيه محور الطريق منطبقـــا مـــع الممر الرئيسى للوادى بحيث يكون الطريق هو المصرف للوادى. ذلك يمكـــن ان يكون لحالة تقاطع للمجرى الرئيسى للوادى ولكن لايمكن تصريف مياه الوادى مـن الجهه الاخرى لوجود مناطق ذات انحدار عكسى لاتسمح بصرف المياه. وتجـــدر الاشارة الى ان الطريق يمكن ان يكون متقاطعا تقاطعا مباشرا مع عدة اودية علـــى طول جزء من مساره ومتوازيا مع بعض الاودية الاخرى فى اجزاء اخرى مـــن المسار. كذلك فانه لتلافى التقاطعات المباشرة مع الاودية فانــــه يجـــب الارتفـــاع بمنسوب الطريق الى الاراضى التى لايوجد بها شبكة تصريف (مخرات الســيول) الا ان هذا التصميم لايكون فى الغالب مقبولا مـــن جهـــة الميـــول والانحـــدارات وتصميم الطريق نفسه. ولذلك فانه يجب اختيار المسار الملائم للطريق ثـــم عمـــل الحماية الملائمة لهذا الطريق حسب نوع التقاطع الموجود سواء اكان تقاطع مباشر او تقاطع موازى.

الباب الثانى

المعلومات والقياسات الهيدرولوجية

مقدمة:

تعريف الهيدرولوجيا Definition of Hydrology

الهيدرولوجيا هى احدى فروع علوم الارض التى تبحث فى نشأة وتوزيع وحركة المياه الارضية وعلاقتها بالبيئة المحيطة. كذلك تتعامل مع سلسلة العمليات المتعاقبة التى تحكم نقص واستعادة مصادر المياه على او تحت سطح الارض.

الدورة المائية Hydrologic Cycle

الدورة المائية هى عملية متصلة لحركة الماء من المسطحات المائية الى طبقات الجو الى الارض ثم الى المسطحات المائية مرة اخرى، والعناصر الرئيسية التى تتكون منها الدورة المائية تشمل البخر والنتح والهطول والتسرب والجريان السطحى وتحت السطحى. وسوف يتم تناول بعض هذه العناصر فيما يلى والتى ترتبط باهداف اختيار وتصميم اعمال الوقاية والحماية للطرق من السيول ومياه الامطار.

٢-١ بيانات الامطار وتحليلها Rainfall Data And Analysis

تحتاج اعمال الوقاية والحماية للطرق من السيول ومياه الامطار الى معرفة عمق ومعدل الامطار المتساقطة على احواض التجميع التى تؤثر على الطرق او التى تسقط مباشرة على الطرق. وحيث ان الامطار تحدث عشوائيا بالنسبة للزمن والكميات فإن القيم التى يتم تقديرها لابد وان تبنى على اساس التحليل الاحصائي للبيانات التى تم رصدها من قبل لفترات زمنية طويلة متصلة. وبناءا على ذلك يجب ان يتم تقدير اقصى عمق لمياه الامطار الذى يناظر ازمنة تكرارية مختلفة (٥، ١٠، ٢٥ ، ٥٠، ١٠٠ عام على سبيل المثال) ويتم اختيار الزمن التكرارى

المناظر لعمق مياه الامطار لكل طريق حسب درجة اهميته وعمره الافتراضى وطبيعة طبوغرافية المنطقة المحيطة به والخسائر البشرية المتوقع حدوثها فى حالة زيادة عمق المطر عن العمق الذى تم اختياره ويمكن تلخيص خطوات دراسة بيانات الامطار فيما يلى:

١ – يوقع محور الطريق على خريطة طبوغرافية ذات مقياس رسم مناسب، كذلك تحدد من واقع نفس الخرائط الطبوغرافية الاودية التى تؤثر على الطريق وذلك بتحديد احواض التجميع لهذه الاودية ونقاط تقاطع مجارى الاودية مع محور الطريق.

٢ – يتم التعرف على محطات الارصاد الجوية القريبة من الطريق ومعرفة احداثياتها (خط الطول وخط العرض) وتوقيع هذه المحطات على نفس الخريطة الطبوغرافيه.

٣ – يتم تجميع بيانات الامطار المتوافرة لمحطات الارصاد لاطول فترة زمنية متصلة ممكنة وتشمل تلك البيانات عمق المطر (يمكن الحصول على هذه البيانات من هيئة الارصاد الجوية او الملحق (أ) من هذا الكود.

٤ – اذا كانت هناك محطة ارصاد جوية واحدة مجاورة للطريق والاودية المؤثرة عليه فتكون بيانات الامطار لهذه المحطة ممثلة للطريق والاودية. اما اذا كانت هناك اكثر من محطة ارصاد فيتم حساب بيانات الامطار لكل جزء من الطريق ولكل وادى بالنسبة والتناسب بدلالة بيانات الامطار للمحطات كلها حسب بعدها عن الطريق والاودية.

٥ – تحليل بيانات الامطار يشمل تحديد متوسط المطر السنوى وعدد الايام الممطره ومدة سقوط المطر (زمن العاصفة) وكثافة الامطار (عمق المطر مقسوما على مدة سقوط المطر) وتكرارية سقوط الامطار.

٦ – يتم حساب زمن العودة لاقصى عواصف ممطره تحدث فى يوم واحد خلال العام وذلك بتحديد قيم اقصى عمق للمطر يسقط فى يوم واحد لكل عام من اعوام تسجيل البيانات. ثم ترتب هذه القيم تنازليا بدءا من اكبر قيمة وانتهاء

باصغر قيمة واعطاء رتبة لكل قيمة بحيث تأخذ اكبر قيمة الرتبة رقم واحـــد وهكذا حتى الرتبة رقم ن حيث ن هى عدد الاعوام الكلية. زمن العودة لكـل قيمة من عمق المطر يساوى ن+١/ الرتبة المناظرة لقيمة العمق.

٧ - ترسم العلاقة بين عمق المطر على المحور الافقى وزمن العودة المناظر لـــها على المحور الرأسي وذلك على ورقة توزيع احتمالى مناسبة بحيث تكـــون العلاقة على شكل خط مستقيم.

٨ -من الرسم يمكن الحصول على عمق المطر المناظر لازمنة تكرارية مختـــارة (٥، ١٠، ٢٠، ٥٠، ١٠٠ عام على سبيل المثال) وذلك لاستخدامه لحســـاب التدفق السطحى (كميات ومعدلات السيول) وتصميم اعمال الحماية.

ويوضح الملحق (هـ) مثال إيضاحى لكيفية عمل التحليـــل الإحصـــائى لبيانـــات الامطار لبعض محطات الأرصاد فى شبه جزيرة سيناء.

٢-٢ التسرب Infiltration

التعريف :

يقصد بالتسرب فى الحسابات الهيدرولوجية تخلل المياه وتسربها خلال مسام التربة وعلى هذا الاساس فمعدل وكمية المياة التى تتسرب خلال التربة تعتمد على نـــوع التربة، رطوبة التربة، نفاذية التربة، الغطاء النباتى، عمق سطح الميـــاه الجوفـــى وكذلك شدة ومقدار المطر. ويبدا معدل التسرب خلال التربة فى العادة بمعـــدلات عالية تصل من ٢٠ الى ٢٥ سم/ساعة ثم تقل حتى حالة الثبات بمعدلات تصل مـــن ١,٢٥ الى ٢سم/ساعة.

حساب التسرب باستخدام معادلة هورتون:

لحساب معدل تسرب المياه (f) خلال التربة عند زمن معيـــن(t) تطبـــق معادلـــة هورتون المبينة بعد والتى تأخذ شكل المنحنى المبين فى الشكل رقم (٢-١):

$$f = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$$
$$k = (f_o - f_c) / F_c$$

حيث:

f : معدل التسرب عند زمن معين (سم/ساعة)

f_o : معدل التسرب الابتدائي(سم/ساعة)

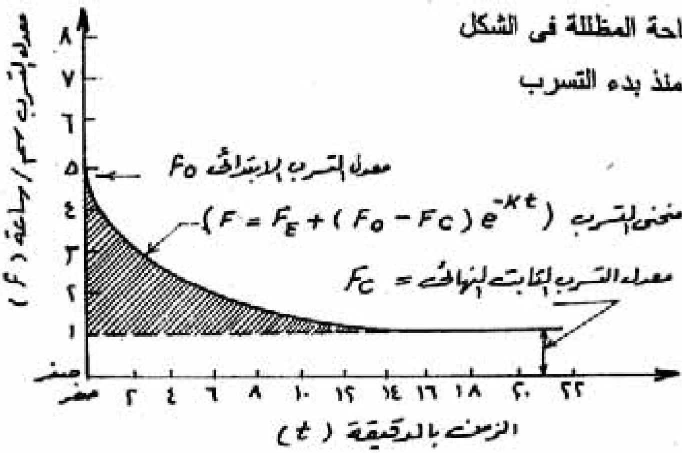
f_c : معدل التسرب الثابت النهائىعند التشبع(سم/ساعة)

k: ثابت يعتمد على خصائص التربة والغطاء النباتى

e: الاساس اللوغاريتمى النابيرى

F_c : المساحة المظللة فى الشكل

t : الزمن منذ بدء التسرب



شكل رقم (٢-١) : منحنى التسرب (هورتون)

مثال تطبيقى

اجريت قياسات معدلات التسرب لتربة ما عند ازمنة مختلفة منذ بدء عاصفة ممطره على مساحة قدرها ١,٨ كيلو متر مربع، كما هو موضح بالجدول رقم (٢-١). والمطلوب استخدام هذه البيانات لحساب المطر الكلى Total Rain والمطر

الزائد Excess Rain ومقدار حجم السيل الناشئ عن هذه العاصفة الممطـــرة لتلـــك المساحة.

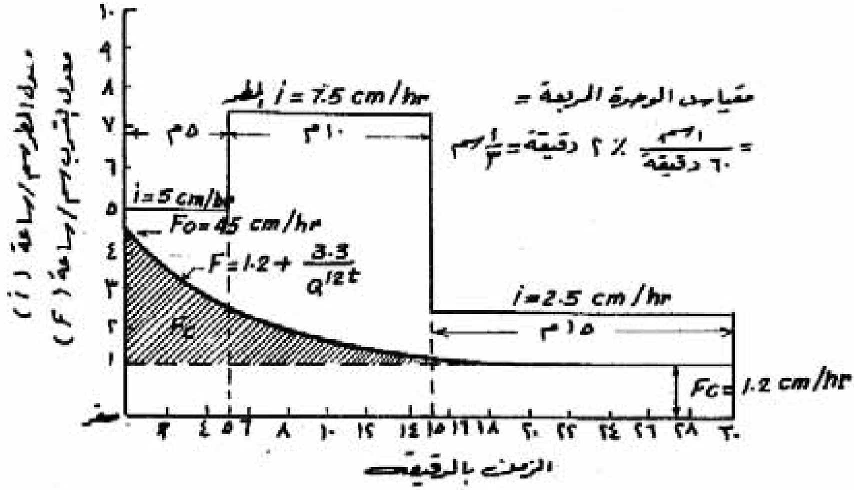
جدول رقم (٢-١) قياسات معدلات التسرب

الزمن t دقيقة	معدل المطر P سم/ساعة	معدل التسرب f سم/ساعة	(f-fc) سم/ساعة	الزمن t دقيقة	معدل المطر P سم/ساعة	معدل التسرب f سم/ساعة	(f-fc) سم/ساعة
١	٥	٣,٩	٢,٧	١٤	٢,٥	١,٤٣	٠,٢٣
٢	٥	٣,٤	٢,٢	١٦	٢,٥	١,٣٦	٠,١٦
٣	٥	٣,١	١,٩	١٨	٢,٥	١,٣١	٠,١١
٤	٥	٢,٧	١,٥	٢٠	٢,٥	١,٢٨	٠,٠٨
٥	٥	٢,٥	١,٣	٢٢	٢,٥	١,٢٥	٠,٠٥
٦	٧,٥	٢,٣	١,١	٢٤	٢,٥	١,٢٣	٠,٠٣
٨	٧,٥	٢	٠,٨	٢٦	٢,٥	١,٢٢	٠,٠٢
١٠	٧,٥	١,٨	٠,٦	٢٨	٢,٥	١,٢٠	٠,٠٠
١٢	٧,٥	١,٥٤	٠,٣٤	٣٠	٢,٥	١,٢٠	٠,٠٠

ومن بيانات الجدول السابق وباستخدام ورقة بيانية عادية يرسم منحنـــى هورتـــون للتسرب وخطوط معدلات المطر كما هو موضح بالشكل رقم (٢-٢) ويتضح مـــن الشكل ان معدل التسرب الثابت النهائى f_c هو ١,٢سم/ساعة . واتضح ايضا مـــن الشكل أن معدل التسرب الابتدائى f_o هو ٥ سم/ساعة. ولحساب المطر الكلى P والتسرب الكلى f والمساحة المظللة فى الشكل F_e تستخدم عدد الوحدات المربعـــة تحت خطوط المطر ومنحنى هورتون مع الاخذ فى الاعتبار مقياس الوحدة المربعة وهى فى هذا الشكل كما يلى:

مقياس الوحدة المربعة = ١سم/ ٦٠ دقيقة x ٢ دقيقة = ١/ ٣٠سم

عدد الوحدات المربعة تحت خط المطر(P) = ٦٨,٧٥ وحدة مربعة



شكل رقم (٢-٢) : منحنى التسرب (هورتون) للمثال التطبيقى

عدد الوحدات المربعة تحت منحنى هورتون (f_p) = ٢٦,٢٥ وحدة مربعة

عدد الوحدات المربعة للمساحة المظللة (f_c) = ٨,٢٥ وحدة مربعة

وباستخدام مقياس الوحدة المربعة:

$$F_c = 8.25 x \frac{1}{30} = 0.275 \quad cm$$

$$k = \frac{f_0 - f_c}{F_c}$$

$$= \frac{4.5 - 1.2}{0.275} = 12\, hr^{-1}$$

وتصبح معادلة منحنى هورتون لمعدل التسرب بالشكل رقم (٢-٢) هى:

$$f = f_c + (f_o - f_c)\, e^{-kt}$$
$$= 1.2 + (4.5 - 1.2)e^{-12t}.$$

$$f = 1.2 + 3.3 / e^{12t}$$

$$Total \quad rain \quad P = 68.75 * 1/30 = 2.29 \ cm$$

$$or \quad Total \quad rain = \frac{5*5}{60} + \frac{7.5*10}{60} + \frac{2.5*15}{60} = 2.29cm$$

$$Total \quad infiltration \quad f_P = 26.25 * 1/30 = 0.875 \ cm$$

حساب المطر الزائد(الجريان السطحى)

Excess rain (runoff) $= P_{net} = P - f_p$

$= 2.29 - 0.875 = 1.415$ cm

تقدير حجم السيل:

ولحساب قيمة مقدار حجم السيل الناشئ عن هذه العاصفة الممطره (زمن استمرارها ٣٠ دقيقة) على المساحة المطلوبة (١,٨ كيلو متر مربع)

$$Area(A) = 1.8Km^2$$

$$Volume \quad of \ runoff = (P - f_p) * A$$

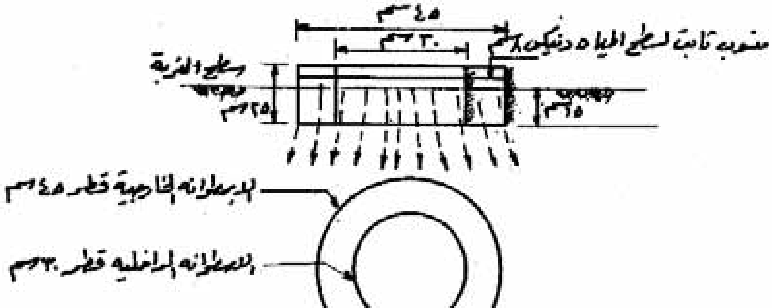
$$= \frac{1.415}{100} * (1.8 * 10^6) = 25470m^3$$

قياس معدل التسرب خلال التربة:

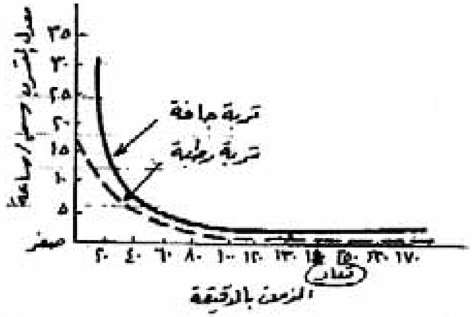
١ - قياس معدل التسرب باستخدام اسطوانتى التسرب

يجرى قياس معدل التسرب خلال التربة باستخدام اسطوانتين متداخلتين شكل رقم (٢-٣)، قطر الاسطوانه الداخلية ٣٠ سم وارتفاعها ٢٥سم، وقطر الاسطوانه الخارجية ٤٥ سم وارتفاعها ٢٥ سم ايضا. وتدفع الاسطوانتين فى التربة راسيا

بواسطة مطرقة حتى عمق ١٥ سم، وبحيث تكون الاسطوانتين متداخلتين ومتمركزتين وغير مائلتين وبدون حدوث تفكيك للتربة او تغيير معالم سطحها. وبعد دفع الاسطوانتين في التربة للعمق المطلوب تزال الاتربة المفككة المتناثرة حولهما بواسطة جاروف صغير. ويوضع مقياس في مركز الاسطوانتين وكذا في الفراغ الموجود بينهما وذلك لقياس سطح المياه. ثم يصب المياه في الاسطوانتين مع الاحتفاظ بسطح المياه من ٢,٥ الى ٨ سم من شفة الاسطوانة، وذلك باضافة المياه على فترات زمنية منتظمة للاحتفاظ بهذا العمق لسطح المياه وليكن (٥، ١٠، ١٥، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٦٠ دقيقة،... الخ) وتسجل كميات المياه التي تضاف للاحتفاظ بسطح المياه عند عمق معين خلال هذه الفترات وذلك لمدة ٦ ساعات على الاقل. ويحسب معدل التسرب(سم/ساعة) في كل فترة، ثم ترسم نتائج القياسات على ورقة بيانية عادية بحيث يكون المحور الرأسي يمثل معدل التسرب(سم/ساعة) والمحور الافقي يمثل الوقت (دقيقة) كما هو مبين بالشكل رقم (٢-٤) والغرض من الاسطوانة الخارجية هو ابعاد تأثير التربة الجافة في مكان التجربة والمجاورة لحافة الاسطوانة، ولمنع المياه الموجودة في الاسطوانة الداخلية من الانتشار لمساحة واسعة بعد مرورها في التربة اسفل الاسطوانة.



شكل رقم (٢-٣) : اسطوانتي التسرب



شكل رقم (٢-٤) : منحنى التسرب من نتائج القياسات

٢ – قياس معدل التسرب باستخدام اسطوانة التسرب

يتم ايضا قياس معدل تسرب المياه خلال التربة باستخدام اسطوانة التسرب شكل رقم (٢-٥) وتتكون من اسطوانة واحدة قطرها حوالى ٢٢٫٥ سم وارتفاعها من٤٥ الى ٦٠ سم ثم تدفع فى التربة على الاقل للعمق الذى تصبح فيه المياه تتخلل التربة اثناء التجربة ولايحدث انتشار افقى للمياه. ثم تصب المياه فى الاسطوانة على فترات زمنية منتظمة للاحتفاظ بسطح المياه فى الاسطوانة ثابت على عمق معين. وتسجل كميات المياه المضافة فى هذه الفترات(كالطريقة السابقة) ، ويحسب معدل التسرب فى كل فترة ، وترسم النتائج على ورقة بيانية عادية كما هو مبين بالشكل السابق. من الممكن رسم نتائج تجارب قياس معدلات التسرب على ورقة نصف لوغاريتمية شكل رقم (٢-٦)، بحيث يكون المحور الراسى هو المقياس العادى ويمثل الوقت بالدقيقة، والمحور الافقى هو المقياس اللوغاريتمى ويمثل معدل التسرب $(f - f_c)$ سم/ ساعة. ويعطى هذا الشكل خط مستقيم لمعدل التسرب معادلته هى:

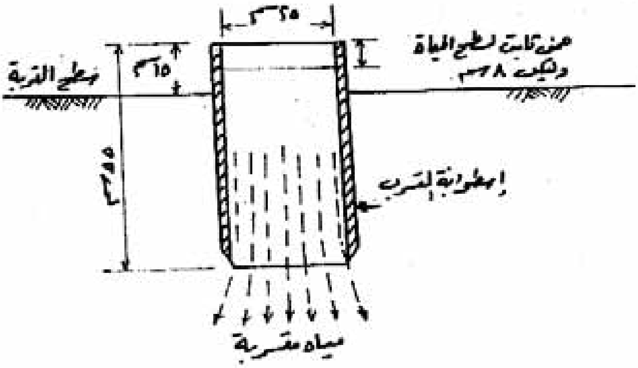
$$t = \frac{Log(f_o - f_c)}{k \ \ Log \ \ e} - \frac{Log(f - f_c)}{k \ \ Log \ \ e}$$

وميل هذا الخط (m) هو:

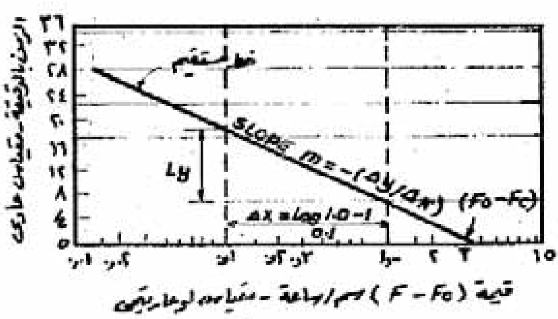
$$m = -\frac{1}{k \ \ Log \ \ e}$$

حيث :

t	: الزمن بالدقيقة منذ بدء القياس
f_o	: معدل التسرب الابتدائى (سم/ساعة)
f_c	: معدل التسرب النهائى الثابت عند التشبع(سم/ساعة)
k	: ثابت يعتمد اساسا على التربة والغطاء النباتى
e	: الاساس اللوغاريتم النابيرى
f	:معدل التسرب عند زمن معين (سم/ساعة)



شكل رقم (٢-٥) : اسطوانة التسرب



شكل رقم(٢-٦) : ميل نتائج القياسات على ورقة نصف لوغاريتمية

من الشكل السابق يمكن الحصول على ميل الخط (m) بقسمة قيمة ΔY بالساعة على قيمة ΔX ، ومن الحصول على قيمة الميل (m) يمكن الحصول على قيمة K بالتعويض فى معادلة ميل الخط. ومن الشكل ايضا يمكن معرفة قيمة $(f_o - f_c)$ مم/ساعة من تقاطع الخط المستقيم مع المحور الافقى عند الزمن صفر. وتجدر الاشارة الى انه يمكن الحصول على قيمة تقريبية لمعدل التسرب اوالنفاذية بمعلومية نوع التربة والغطاء النباتى كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٢).

٢-٣ الجريان السطحى Surface Runoff

تعريف :

هو معدل الحركة او تصرف المياه (حجم/زمن) فى المجارى المائية الطبيعية وهو جزء من الدورة المائية الكلية فى صورة مياه متحركة ناتجة من سقوط الامطار على الاحواض ومتجهة فى المجارى المائية الطبيعية الى الانهار والبحار والبحيرات.

وتحتاج اعمال حماية الطرق من اخطار السيول وخصوصا منشآت الصرف السطحى الى معرفة اقصى(قمة) معدلات للجريان السطحى(Peak Flow) وذلك عند تقاطع الطريق مع المجرى المائى الطبيعى للوادى.ويمكن تقسيم العوامل المؤثرة على الجريان السطحى الى عوامل مرتبطة بالامطار مثل كثافة الامطار(Rainfall Intensity) ومدة سقوط الامطار(Duration Time) ودورة العودة للامطار(Return Period) وتوزيع الامطار فوق حوض الوادى(Rainfall Distribution)، وعوامل اخرى مرتبطة بحوض الوادى(Basin) مثل مساحة التجميع(Catchment Area) وطول مجرى الوادى الرئيسى(Main Stream Length) وميل حوض الوادى (Catchment Slope) وشكل الحوض(Catchment Shape) ، وكذلك على عوامل مرتبطة بالتربة مثل التسرب(Infiltration) والغطاء النباتى(Soil Plant Cover) . وسوف نتناول فيما يلى بعض الطرق البسيطة التى يمكن استخدامها لتقدير اقصى

من الشكل السابق يمكن الحصول على ميل الخط (m) بقسمة قيمة ΔY بالساعة على قيمة ΔX ، ومن الحصول على قيمة الميل (m) يمكن الحصول على قيمة K بالتعويض فى معادلة ميل الخط. ومن الشكل ايضا يمكن معرفة قيمة $(f_o - f_c)$ مم/ساعة من تقاطع الخط المستقيم مع المحور الافقى عند الزمن صفر. وتجدر الاشارة الى انه يمكن الحصول على قيمة تقريبية لمعدل التسرب اوالنفاذية بمعلومية نوع التربة والغطاء النباتى كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٢).

٢-٣ الجريان السطحى Surface Runoff

تعريف :

هو معدل الحركة او تصرف المياه (حجم/زمن) فى المجارى المائية الطبيعية وهو جزء من الدورة المائية الكلية في صورة مياه متحركة ناتجة من سقوط الامطار على الاحواض ومتجهة فى المجارى المائية الطبيعية الى الانهار والبحار والبحيرات.

وتحتاج اعمال حماية الطرق من اخطار السيول وخصوصا منشآت الصرف السطحى الى معرفة اقصى(قمة) معدلات للجريان السطحى(Peak Flow) وذلك عند تقاطع الطريق مع المجرى المائى الطبيعي للوادى.ويمكن تقسيم العوامل المؤثرة على الجريان السطحى الى عوامل مرتبطة بالامطار مثل كثافة الامطار(Rainfall Intensity) ومدة سقوط الامطار(Duration Time) ودورة العودة للامطار(Return Period) وتوزيع الامطار فوق حوض الوادى(Rainfall Distribution)، وعوامل اخرى مرتبطة بحوض الوادى(Basin) مثل مساحة التجميع(Catchment Area) وطول مجرى الوادى الرئيسى(Main Stream Length) وميل حوض الوادى (Catchment Slope) وشكل الحوض(Catchment Shape) ، وكذلك على عوامل مرتبطة بالتربة مثل التسرب(Infiltration) والغطاء النباتى(Soil Plant Cover) . وسوف نتناول فيما يلى بعض الطرق البسيطة التى يمكن استخدامها لتقدير اقصى

جدول رقم (٢-٢) : معدلات التسرب(النفاذية) التقريبية لأنواع مختلفة من التربة والغطاء النباتي .

Major divisions		Symbol		Dense cover	Average cover	Sparse cover
Coarse grained	Gravel and gravelly Soils	GW		1.0 - 1..5	0.8 - 1..2	0.6 - 1.0
		GP		1.0 - 1.5	0.8 - 1.2	0.6 - 1.0
		GM	d	0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4
			u	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4	0.2 - 0.3
		GC		0.3 - 0.4	0.2 - 0.3	0.1 - 0.2
	Sand and Sandy Soils	SW		1.0 - 1.5	0.8 - 1.2	0.6 - 1.0
		SP		1.0 - 1.5	0.8 - 1.2	0.6 - 1.0
		SM	d	0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4
			U	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4	0.2 - 0.3
		SC		0.3 - 0.4	0.2 - 0.3	0.1 - 0.2
Fine grained	Silts and Clays LLM<50	CL		0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	0.02 - 0.1
		ML		0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4
		OL		0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4
	Silts and clays LL>50	CH		0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	0.02 - 0.1
		MH		0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4
		OH		0.1 - 0.2	0.1 - 0.2	0.2 - 0.1
Highly organic soils		PT		0.6 - 0.8	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4

NOTE: For pavements use zero. A very high water table will reduce infiltration capacity, particularly in coarse grained soils

معدل للجريان السطحى حيث يمكن استخدام احدى هذه الطرق وذلك حسب البيانات المتاحة اللازمة لتطبيق هذه الطريقة وكذلك يمكن استخدام عدة طرق ومقارنة النتائج واختيار اكثرها ملائمة للحالة التى تتم دراستها. وتجدر الاشارة الى ان جميع الطرق التى سوف ياتى ذكرها لايمكن استعمالها فى حالة الاودية ذات المساحات الكبيرة والتى تحتاج الى نماذج رياضية معقدة لحساب معدلات الجريان السطحى والتى لن يتم تناولها فى هذا الكود ويلزم فى هذه الحالات اجراء دراسات متخصصة فى هذا المجال للوصول الى نتائج ذات دقة عالية.

طرق تقدير اقصى معدل للجريان السطحى

Estimation of Peak Runoff Flow

الطريقة المنطقيةThe Rational Method

وهى اكثر الطرق شيوعا واستخداما فى المناطق الحضرية واحواض التصريف الصغيرة نسبيا فى المناطق الخلوية(لاينصح باستخدام هذه الطريقة لحساب اقصى معدل الجريان السطحى للاودية التى لها مساحة تجميع تزيد على ٢,٠كم٢) ويمكن التعبير عن هذه الطريقة بواسطة المعادلة: $Q_p = 0.278CIA$

حيث:

Q_p : اقصى معدل للجريان السطحى(متر٣/ثانية)

C : معامل الجريان السطحى

I : كثافة الامطار(مم/ساعة)

A : مساحة التجميع(كم٢)

ويحدد معامل الجريان السطحى(c) الجزء من الامطار الذى سوف يجرى على السطح ويعتمد على مقدار التسرب وقدرة الاحتفاظ بالماء للاسطح المختلفة لاحواض التجميع. وتتراوح قيمة هذا المعامل بين الصفر والواحد حيث تعبر القيمة القريبة من الصفر عن ان التربة تحتفظ بمعظم الامطار الساقطة عليها بينما القيمة القريبة من الواحد تدل على ان معظم الامطار الساقطة تجرى على سطح الارض.

ويوضح الجدول رقم (٢-٣) قيم المعامل C لانواع مختلفة من الاسطح واستخدامات الاراضى.

جدول رقم (٢-٣) : قيم معامل الجريان السطحى (c)

نوع السطح او استخدام الاراضى	معامل الجريان السطحى(c)	نوع السطح او استخدام الاراضى	معامل الجريان السطحى (c)
شوارع مرصوفة باسفلت	٠,٩٥-٠,٧٠	تربة جرداء على شكل اكوام ناعمة	٠,٦٠-٠,٣٠
شوارع مرصوفة بخرسانة	٠,٩٥-٠,٨٠	تربة جرداء على شكل اكوام خشنة	٠,٥٠-٠,٢٠
شوارع مرصوفة بقرميد	٠,٨٥-٠,٧٠	ارض مزروعة على خطوط وتربة كثيفة	٠,٥٠-٠,٢٠
ممشى	٠,٨٥-٠,٧٥	ارض مزروعة على خطوط وتربة رملية	٠,٢٥-٠,١٠
اسقف	٠,٩٥-٠,٧٥	ميول قاحلة(اكبر من ٣٠%) ناعمة	٠,٩٠-٠,٧٠
تربة رملية منبسطة(انحدار ٢%)	٠,١٠-٠,٠٥	ميول قاحلة(اكبر من ٣٠%) خشنة	٠,٧٠-٠,٥٠
تربة رملية متوسطة الانحدار(٢-٧%)	٠,١٥-٠,١٠	تربة رملية مغطاه بالاعشاب	٠,٢٥-٠,٠٥
تربة رملية حادة الانحدار(٧%)	٠,٢٠-٠,١٥	تربة كثيفة مغطاه بالاعشاب	٠,٤٥ -٠,١٥
تربة كثيفة منبسطة (انحدار ٢-٧%)	٠,١٧-٠,١٣	غابات اشجار	٠,٢٥-٠,٠٥
تربة كثيفة متوسطة الانحدار(٢-٧%)	٠,٢٢-٠,١٨		
تربة كثيفة حادة الانحدار(٧%)	٠,٣٥-٠,٢٥		

وتجدر الاشارة الى انه فى الاراضى التى لها استخدامات مختلفة فانه يجب استخدام قيمة موزونة لمعامل الجريان السطحى كما يتضح من المثال التالى:

مثال تطبيقى:

ارض طينية تبلغ مساحتها ١٥٠٠٠٠ متر مربع يمكن تقسيمها الى جزئين الاول مساحته ٥٠٠٠٠ متر مربع بميول ١:٣ وسطحها خشن والجزء الثانى مساحته ١٠٠٠٠٠ متر مربع يميل ٢٪ وسطحها ناعم وهى ارض جرداء. المطلوب حساب القيمة الموزونة لمعامل الجريان السطحى.

بالنسبة للجزء الاول من الارض ومن الجدول رقم (٢-٣) فان قيمة $C_1 = 0.5$ (ميول قاحلة اكبر من ٣٠٪ خشنة).

بالنسبة للجزء الثانى من الارض ومن الجدول رقم(٢-٣) فان قيمة $C_2 = 0.3$ (تربة جرداء على شكل اكوام ناعمة)

$$C\ (Weighted) = \frac{c_1 A_1 + c_2 A_2}{A_1 + A_2} = \frac{0.5(50000) + 0.3(100000}{150000} = 0.366$$

اما كثافة الامطار فيتم تحديدها حسب زمن العودة ولمدة سقوط للامطار مساوية لزمن التركيز لحوض الوادى (Time of Concentration) الذى يمكن تعريفه بانه الزمن اللازم لكي ينساب الماء من ابعد نقطة في حوض الوادى الى المخرج. ويمكن حساب زمن التركيز كالاتى:

١ - معادلة كيريش $t_c = 0.115 L^{.77} / S^{0.385}$

حيث:

t_c : زمن التركيز (دقيقة)

L : طول مسار المياه من ابعد نقطة فى حوض الوادى حتى مخرجه (متر)

S :متوسط انحدار حوض الوادى (الميل٪)

ويمكن الاستعانة بالشكل رقم (٢-٧) لحساب زمن التركيز بواسطة نفس المعادلة ولكن فى صورة نوموجرام. وتستخدم هذه المعادلة لحالة الاراضى فى المناطق الحضرية وحيث يكون سريان الماء على سطح الارض ولا توجد قنوات لها شكل محدد.

٢ - معادلة ماننج :

$$V = 1/nR^{2/3}S^{1/2}$$
$$t_c = L/V$$

حيث:

t_c : زمن التركيز (دقيقة)

L: طول مسار المياه من ابعد نقطة فى حوض الوادى حتى مخرجه (متر)

V: سرعة الماء (متر/ثانية)

n : معامل ماننج

R : القطر الهيدروليكى = A/P (متر)

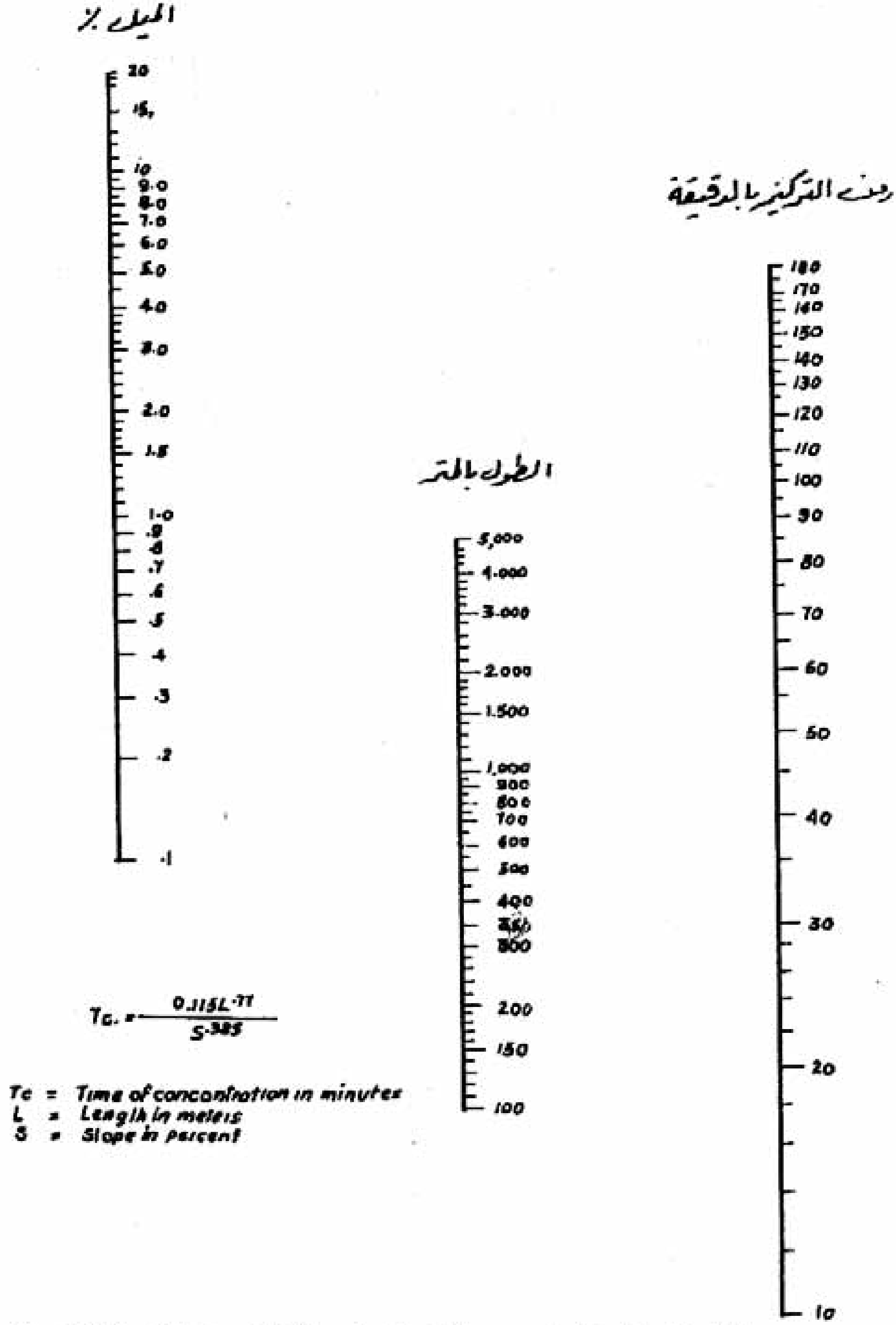
A : مساحة القطاع المائى (مترمربع)

p : المحيط المبتل للقطاع المائى (متر)

S : ميل القناة (الميل%)

وتستخدم هذه المعادلة فى حالة حساب زمن التركيز فى قنوات الصرف الطبيعية او قنوات التصريف ومجارى الصرف والبالوعات.

ويمكن حساب زمن التركيز من اى من المعادلتين السابقتين حسب ملائمة اى منهما للتطبيق. ويلاحظ انه فى حالة تساوى زمن التركيز مع مدة سقوط الامطار فان تصرف الوادى هو اقصى تصرف يمكن حدوثه، وفى حالة زيادة زمن التركيز عن مدة سقوط الامطار فان ذلك يعنى ان المساحة المؤثره التى تسقط عليها الامطار اقل من مساحة الوادى الكلية وبالتالى تقل قيمة اقصى تصرف. اما فى حالة نقصان زمن التركيز عن مدة سقوط الامطار فان ذلك لايؤدى الى زيادة اقصى تصرف للوادى. وعلى ذلك يعتبر اقصى معدل للجريان السطحى هو عند مدة سقوط للامطار مساوية لزمن التركيز.



شكل رقم (٢-٧) : نوموجرام لحساب زمن التركيز بواسطة معادلة كيربش

مثال تطبيقى:

المطلوب حساب اقصى معدل للجريان السطحى لحوض مساحته٤٠٠٠٠٠ متر مربع ومتوسط انحداره ٢% وسطح التربة غير منفذ ومغطى بالحشائش واقصى مسار للمياه هو ٥٥٠ متر ومدة سقوط المطر ١٣ دقيقة وعمق المطر الساقط ٢٠مم.

من جدول رقم (٢-٣) معامل الجريان السطحى C = 0.42

باستخدام النوموجرام شكل رقم (٢-٧) زمن التركيز

$$t_c = 11.5 \min$$

وهو زمن اقل من مدة سقوط الامطار. ويمكن استخدام الطريقة المنطقية لحساب اقصى معدل للجريان السطحى

$$Q_p = 0.278(0.42)(20/11.5/60)(400000/10^6) = 4.87 m^3 / \sec$$

طريقة خدمة المحافظة على التربة

Soil Conservation Service Method (SCS)

وهى طريقة شائعة الاستخدام لتقدير الجريان السطحى للاحواض الصغيرة والمتوسطة (يمكن تطبيق هذه الطريقة حتى مساحات تبلغ ٨,٠ كم٢) ، ويلزم لحساب اقصى معدل للجريان السطحى بواسطة هذه الطريقة ان يتم اولا حساب حجم المطر الزائد (الجريان السطحى) بواسطة المعادلة:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

حيث:

Q = حجم المطر الزائد المتجمع (مم)

P = حجم المطر المتجمع (مم)

I_a = الفواقد الابتدائية (مم)

S = اقصى استبقاء (حفظ) ممكن او محتمل للماء (مم)

وقد وجد ان I_a ترتبط ب S بالمعادلة:

$$I_a = 0.2S$$

وعلى ذلك تصبح معادلة حساب حجم المطر الزائد:

$$Q = \frac{(p-0.2S)^2}{p+0.8S}$$

وكذلك وجد ان S ترتبط بما يطلق عليه رقم المنحنىCN بالمعادلة:

(S في هذه المعادلة بالبوصة ، ١ بوصة =٢٥,٤مم)

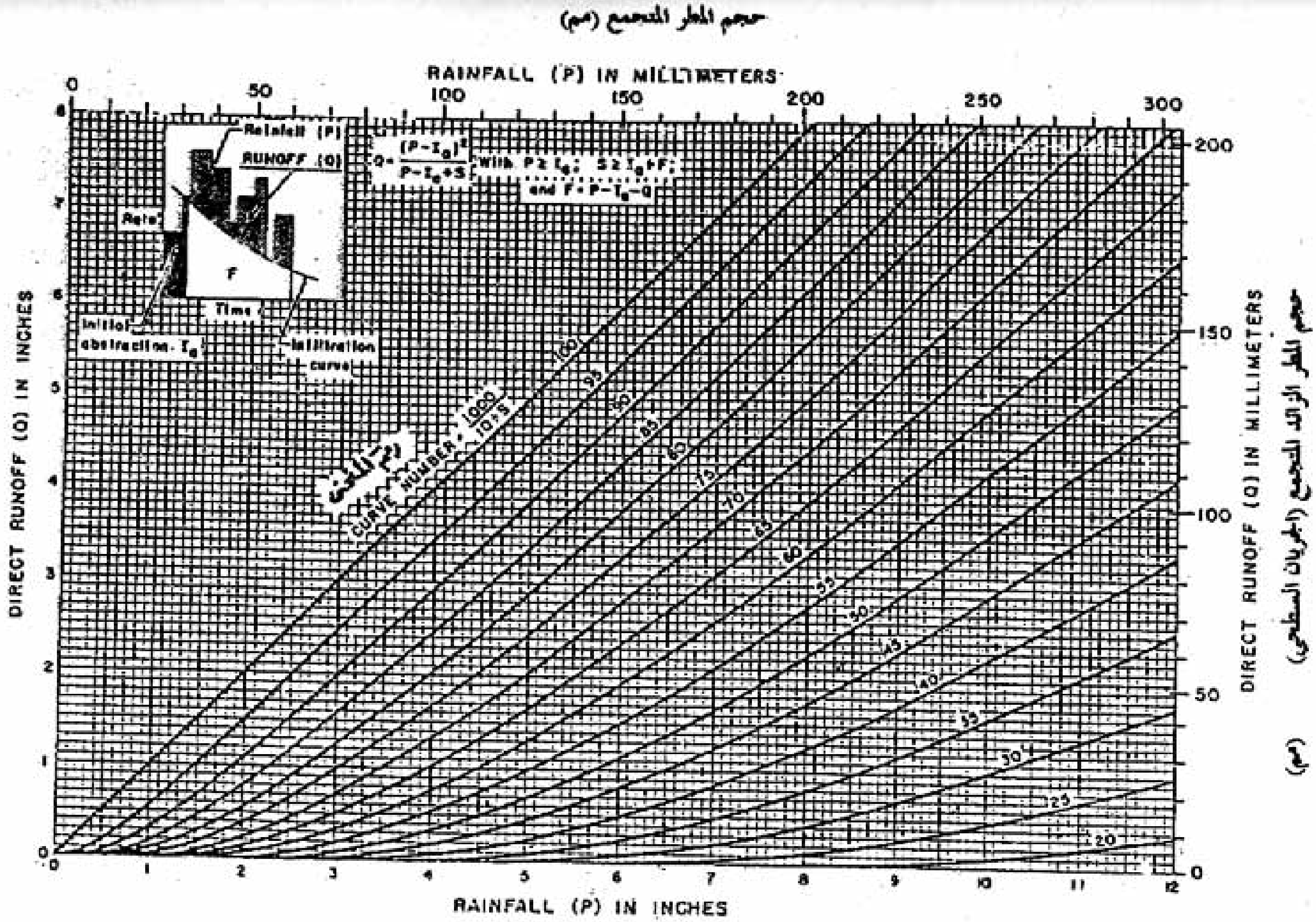
$$S = \frac{1000-10CN}{CN}$$

ورقم المنحنى CN هو رقم يجمع تاثير مجموعات التربة واستخدامات الاراضي وطرق المعالجة وظروف الرطوبة. ولاستخدام طريقة خدمة المحافظة على الطرق يتم اولا تحديد رقم المنحنى ثم تحديد S ويلي ذلك حساب Q من المعادلات او بواسطة المنحنى الموضح فى شكل رقم (٢-٨). ويتضح من ذلك ان اهم عامل يجب تحديده فى هذه الطريقة هو رقم المنحنى وفيما يلى شرح لكيفية الحصول عليه.

يتم اولا تحديد مجموعة التربة التى تنقسم الى اربعة مجموعات :

المجموعة (أ) والتى لها اقل جريان سطحى وتشكل التربة التى لها معدلات نفاذية عالية (٧,٥-١١,٠مم/ساعة) ، المجموعة (ب) والتي لها معدلات نفاذية متوسطة (٣,٨-٧,٥مم/ساعة) ، المجموعة (ج) والتى لها نفاذية بطيئة (١,٢٥-٣,٨مم/ساعة) ، المجموعة (د) والتى لها اكبر جريان سطحى وتشمل التربة التى لها نفاذية بطيئة جدا (اقل من ١,٢٥مم/ساعة).

وعادة ماتكون التربة فى المجموعة (أ) مكونة من الرمل والزلط اما التربة فى المجموعة (د) فتتكون غالبا من الطين. يلى ذلك تحديد استخدامات الاراضى وطريقة المعالجة حسب ماهو موجود فى الطبيعة وفى حالة اختلاف استخدامات الاراضى بصورة واضحة فى المنطقة يتم حساب نسبة مساحات كل



Curves on this sheet are for the case : $I_a = 0.2\,S$, so that

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}$$

(in Inches)

شكل رقم (٢-٨) حساب الجريان السطحي بواسطة طريقة هيئة صيانة (المحافظة على) التربة

استخدام من هذه الاستخدامات. ثم بواسطة الجدول رقم (٢-٤) يتم حساب رقم المنحنى بدلالة مجموعة التربة واستخدامات الاراضى.

ويلاحظ ان هذا الجدول خاص بحالة الرطوبة II التى تعد الحالة المتوسطة للرطوبة (كمية المطر خلال موسم الزراعة ٣٥-٥٢ مم وخارج الموسم (١٢-٢٨مم). اما فى حالة الحد الادنى للرطوبة فيطلق عليه حالة الرطوبةI (كمية المطر خلال موسم الزراعة اقل من ٣٥ مم وخارج الموسم اقل من ١٢مم) وحالة الحد الاعلى للرطوبة ويطلق عليه حالة الرطوبة III (كمية المطر خلال موسم الزراعة اكبر من ٥٢مم وخارج الموسم اكبر من٢٨مم). وترتبط الحالتين I,III بالحالة II كما هو موضح بالجدول رقم (٢-٥) .

ولحساب اقصى معدل للجريان السطحى تستخدم المعادلة الاتية والتى تم استنتاجها بالاستعانة بالشكل رقم (٢-٩) الذى تم فيه تقريب منحنى الجريان السطحى الى شكل مثلث :

$$Q_p = \frac{0.208 AQ}{0.5D + 0.6T_c}$$

حيث

Q_P : أقصى معدل للجريان السطحي (متر٣ / ثانية)

A : مساحة التجميع (كم٢)

Q :حجم المطر الزائد المتجمع (مم) كما تم حسابه من قبل

D : مدة المطر الزائد (ساعة)

T_c : زمن التركيز (ساعه) كما تم حسابه من قبل في الطريقة المنطقية

جدول رقم (٢ – ٤) رقم المنحنى لحالة الرطوبة II

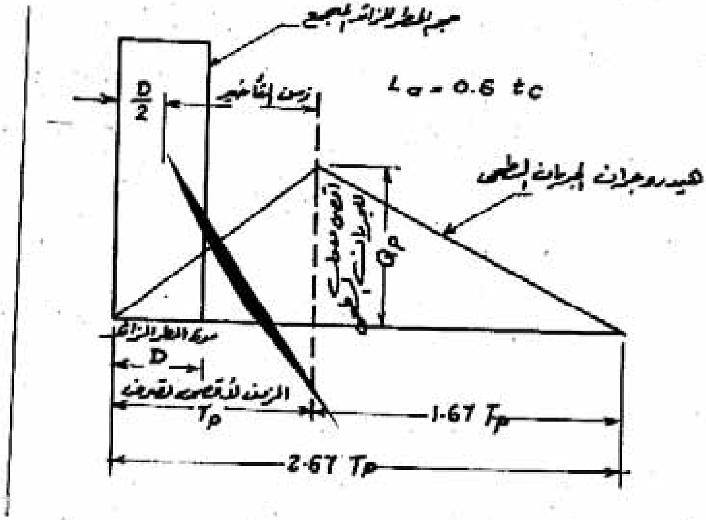
($I_a = 0.25$) Source: U.S.Department of Agriculture, Soil Conservation Service

استخدامات الأراضي Land use description		مجموعة التربة Hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Cultivated land:					
Without conservation treatment		72	81	88	91
With conservation treatment		62	71	78	81
Pasture or range land:				86	
Poor condition		68	79	74	89
Good condition		39	61	71	80
Meadow: good condition		30	58		78
Wood or forest land:					
Thin stand, Poor cover, no mulch		45	66	77	83
Goog cover		25	55	70	77
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc,:					
Good condition: grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50% to 75%of the area		49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)		89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	93
Residential:					
Average lot size	Average% Impervious				
0.05 hectare(1.8 acre) or less	65	77	85	90	92
0.10 hectare(1.4 acre)	38	61	75	83	87
0.13 hectare(1.3 acre)	30	57	72	81	86
0.20 hectare(1.2 acre)	25	54	70	80	85
0.90 hectare(1acre)	20	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved with curbs and storm sewers		98	98	98	98
Gravel		76	85	99	91
Dirt		72	82	87	89

جدول رقم(٢-٥) : العلاقة بين رقم المنحنى لحالة الرطوبة II وحالتى الرطوبة I ،II

($L_a = 0.25$) **Curve Numbers and Constants**

CN for Conditons II (1)	CN for Conditons I (2)	CN for Conditons III (3)	CN for Conditons II (1)	CN for Conditons I (2)	CN for Conditons III (3)
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	39	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	12	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			



شكل (٢-٩) : الهيدروجراف المثلث تبعا لطريقة خدمة المحافظة على التربة.

مثال تطبيقى:

حوض تصريف مساحته ٥,٠ كم^{2} وزمن التركيز ٣٥ دقيقة فـاذا كـان المطـر المتجمع ٤٠ مم ومجموعة التربة D لحالة رطوبـة I واسـتخدامات الاراضـى كالاتي: مناطق مفتوحة بحالة جيدة بنسبة ٧٥% ومناطق مفتوحة بحالـة عاديـة بنسبة ٢٥%. استنتج قيمة حجم الجريان السطحى واقصى معدل لـهذا الجريـان السطحى.

من الجدول رقم(٢-٤) يتضح ان رقم المنحنى للمنطقة المفتوحـة بحالـة جيـدة ومجموعة التربة D

$$CN_1 = 80$$

رقم المنحنى للمنطقة المفتوحة بحالة عادية ومجموعة التربة D

$$CN_2 = 84$$

وبذلك يكون رقم المنحنى لحوض التصريف

$$CN = 80 * 0.75 + 84 * 0.25 = 81$$

ومن شكل رقم (٢–٨) يمكن حساب حجم الجريان السطحى بواسطة حجم المطر المتجمع ٤٠مم ورقم المنحنى ٨١ :

حجم الجريان السطحى $Q = 9\ mm$

ومن شكل رقم (٢–٩) يمكن حساب زمن التاخير La بواسطة زمن التركيز T_c

$$L_a = 0.6T_c = 0.6(35/60) = 0.375\ hr$$

وبفرض مدة المطر الزائد نصف زمن التاخير

$$D = 0.5La = 0.5(0.35) = 0.175hr$$

وبذلك يمكن حساب اقصى معدل للجريان السطحى من المعادلة

$$Q_p = \frac{0.208\ AQ}{0.5D + 0.6\ Tc}$$

الباب الثالث

اساليب وقاية الطرق من السيول وتصميم الصرف

مقدمة :

الصرف هو عبارة عن منع المياه من الوصول الى الطريق او ازالة المياه الزائدة فى جسم الطريق والتخلص منها بطريقة مرضية. فقد تسقط المياه على الطريق مباشرة او تأتى من المناطق المجاورة او تكون مياه جوفية.

ويشتمل هذا الباب على ثلاثة أجزاء رئيسية (١) وقاية الطرق من السيول، (٢) أساليب الصرف السطحى للطرق، (٣) أساليب الصرف الجوفي للطرق.

٣-١: وقاية الطرق من السيول

تتسبب السيول في المناطق الصحراوية في خسائر كبيرة إذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة لحماية الطرق منها، الأمر الذي قد يؤدى الى تعديل مناسيب الطرق أو تخطيطها أو إنشاء بعض الأعمال الصناعية من مواسير أو كبارى أو تكسيات لتفادى اخطار السيول. وكذا يجب عمل الدراسات اللازمة لحماية الطرق من اخطار السيول.

٣-١-١: الدراسات التى يجب القيام بها لحماية الطرق من أخطار السيول

١ -الدراسة الإقليمية:

وذلك لتحديد موقع الطريق وتحديد الأودية آلتي تؤثر على الطريق وكذلك مصادر المياه ومناطق التصريف النهائي لمياه السيول واستخدامات الأراضي في المناطق حول الطريق.

٢-الدراسة المورفولوجية:

وتهدف الي تحديد خصائص الأودية المؤثرة على الطريق مثل مساحة الحوض وطول ممر الوادي الرئيسى ورتب الأفرع المكونة لشبكة تصريف الوادى واطوال ومساحات تجميع الأفرع المختلفة وميول الأراضي.

٣ - دراسات التربة والجيولوجيا :

وذلك بهدف تحديد خصائص التربة مثل معدل التسرب ونوع التربة السطحية والتحليل الميكانيكي لعينات التربة وتحديد منسوب المياه الجوفية.

٤ -الدراسة الميترولوجية:

وتهدف الى تحديد العاصفة التصميمية ذات الزمن التكرارى المناسب لتصميم الأعمال الصناعية حسب أهمية الطريق والتكلفة الاقتصادية لاعمال الحماية.

٥- الدراسة الهيدرولوجية :

والتي تتجمع فيها جميع الدراسات السابقة وباستخدام نموذج رياضى مناسب يتم الحصول على هيدروجراف التدفق السطحى الذى يمثل العلاقة بين تصرفات مياه السيول والزمن.

٦ - اختيار أعمال الحماية :

حيث يتم إعداد مجموعة من البدائل المناسبة من أعمال صناعيه مختلفة لحماية الطريق من أخطار السيول واعداد التصميمات الهندسية لهذه الأعمال وذلك بناء على نتائج جميع الدراسات السابقة.

٧ - الدراسة الاقتصادية:

وذلك لاختيار احد البدائل السابق تحديدها وذلك بناء على التكلفة الاقتصادية لكل بديل والمخاطر المصاحبة لهذا البديل.

٨ -إعداد الرسومات التنفيذية وكراسة الشروط بالمواصفات :

وذلك للبديل الذى تم اختياره حيث يتم اعداد الرسومات التنفيذية التفصيلية وكذلك طرح كراسة الشروط والمواصفات اللازمة للتنفيذ.

٩ - وضع مقترحات للصيانة :

يجب وضع مقترحات وتوصيات لصيانة الأعمال الصناعية بعد تنفيذهـــا وذلـــك لضمان أدائها لوظيفتها بعد التنفيذ.

٣-١-٢: أساليب وقاية الطرق من السيول

ويمكن تقسم أساليب الحماية للطرق من أخطار السيول الى عدة أســاليب رئيســية كمايلى :

١-أساليب الحماية بتوجيه مياه السيول بعيدا عن نقطة التقاطع:

وفى هذه الحالة يتم توجيه مياه السيول المتجمعة بواسطة قناة أو مجموعـــة مـــن القنوات الى مخرات سيول أخرى بعيدة عن الطريق او تصريف تلك المياه الـــى اقرب منخفض طبيعى وذلك لتخزين المياه بعيدا عن نقطة التقــاطع ممـــا يعطـــى فرصة لتسرب اكبر قدر ممكن من المياه فى باطن الأرض. وكذلك يمكن تصريف المياه الى شبكة الترع والمصارف الموجودة بالمنطقة بشرط التأكد من قدرة هـــذه الترع والمصارف على استيعاب المياه المنصرفه بدون أن يؤدى ذلك الى انـــهيار أجزاء من هذه الترع أو المصارف أو إغراق المناطق الهامة المجاورة. وفى جميع الأحوال يتم تصميم قنوات التوجيه لاستيعاب اقصى تصرف متوقع للوادى.

٢-أساليب الحماية عن طريق التهدئة والتخزين الوقتى لمياه السيول:

فى هذه الحالة يتم تهدئة المياه المتجمعة والمندفعة بسرعات داخل مخرات الســيول لبيعية وذلك عن طريق عمل واحدة أو اكثر من القنوات العرضية في قاع مخـو ميل الطبيعى وذلك لتهدئة المياه مما يزيد من فرصة تخلص المياه مـــن كميـــات يرة من المواد الرسوبية العالقة بها. كما يمكن وضع مجموعة من الكتل الحجرية ث الأوزان الكبيرة لتعترض المياه المتدفقة وتقلل من سرعتها. كذلك فإنه يمكـــن

بناء مجموعة من السدود الصغيرة المتعاقبة لتخزين كميات من المياه أمامها وبالتالى يقل تصرف الوادى عند نقطة تقاطعه مع الطريق.

٣ -أساليب الحماية عن طريق تصريف المياه اسفل الطريق:

وتعتبر من أفضل الأساليب لاعمال الحماية عند تقاطع الأودية مع الطرق بغض النظر عن تكلفتها الاقتصادية. وفى هذه الحالة يتم اختيار عمل صناعي مناسب لتصريف المياه اسفل الطريق مثل البرابخ والكبارى. وتكون البرابخ اكثر اقتصادية عند التقاطعات الصغيرة بينما تكون الكبارى اكثر اقتصادية فى حالة التقاطعات الكبيرة.

٣-٢ : اساليب الحماية السطحية وتصميم الصرف السطحي

يقصد بالصرف السطحي: الإزاحة والتخلص من المياه التى تسقط مباشرة على سطح الطريق أو التى تتجه الى الطريق من المناطق المجاورة فى صورة مباشرة أو عند تقاطع أحد الأودية مع الطريق.

٣-٢-١ : البيانات التى يجب تجميعها عند دراسة الصرف السطحى للطرق

١- الخرائط الطبوغرافية للأراضي التى يمر بها محور الطريق وذلك بهدف تحديد الأودية المؤثرة على الطريق. ويمكن الاستعانة بالصور إذا توافرت. ويفضل الاستعانة بالخرائط ذات مقياس الرسم ١:٢٥,٠٠٠ او١:٥٠,٠٠٠ إذا توافرت لمنطقة الدراسة وذلك للمناطق الخلوية. أما فى حالة دراسة تصميم شبكات صرف مياه الأمطار فى المناطق الحضرية فيلزم الاستعانة بالخرائط التفصيلية ذات مقياس رسم ١:٢٠٠٠

بناء مجموعة من السدود الصغيرة المتعاقبة لتخزين كميات من المياه أمامها وبالتالى يقل تصرف الوادى عند نقطة تقاطعة مع الطريق.

٣ -أساليب الحماية عن طريق تصريف المياه اسفل الطريق:

وتعتبر من أفضل الأساليب لاعمال الحماية عند تقاطع الأودية مع الطرق بغض النظر عن تكلفتها الاقتصادية. وفى هذه الحالة يتم اختيار عمل صناعى مناسب لتصريف المياه اسفل الطريق مثل البرابخ والكبارى. وتكون البرابخ اكثر اقتصادية عند التقاطعات الصغيرة بينما تكون الكبارى اكثر اقتصادية فى حالة التقاطعات الكبيرة.

٣-٢ : اساليب الحماية السطحية وتصميم الصرف السطحى

يقصد بالصرف السطحى: الإزاحة والتخلص من المياه التى تسقط مباشرة على سطح الطريق أو التى تتجه الى الطريق من المناطق المجاورة فى صورة مباشرة أو عند تقاطع أحد الأودية مع الطريق.

٣-٢-١ : البيانات التى يجب تجميعها عند دراسة الصرف السطحى المطرق

١- الخرائط الطبوغرافية للأراضي التى يمر بها محور الطريق وذلك بهدف تحديد الأودية المؤثرة على الطريق. ويمكن الاستعانة بالصور إذا توافرت. ويفضل الاستعانة بالخرائط ذات مقياس الرسم ١:٢٥,٠٠٠ او١:٥٠,٠٠٠ إذا توافرت لمنطقة الدراسة وذلك للمناطق الخلوية. أما فى حالة دراسة تصميم شبكات صرف مياه الأمطار فى المناطق الحضرية فيلزم الاستعانة بالخرائط التفصيلية ذات مقياس رسم ١:٢٠٠٠

٢- بيانات الأمطار الساقطة على محطات الأرصاد الجوية القريبة من مسار الطريق وذلك لاطول فترة زمنية متصلة ممكنة. واهم البيانات التى يجب تجميعها هي عمق المطر وفترة سقوطه او كثافة الامطار.

٣- نوع التربة واستخدامات الاراضى حيث تحدد نوعية التربة لجميع الاودية التى تؤثر على الطريق وكذلك غطاء التربة واستخدامات الاراضى بهدف تحديد الفواقد المائية المتوقعة وتحديد كمية الجريان السطحى.

٤- خريطة استخدامات المياه ومصادر المياه المجاورة بهدف تحديد كيفية الاستفادة من المياه السطحية أو كيفية تصريف المياه آلي الانهارأو البحيرات آو البحار المجاورة.

٥- آي بيانات أخرى إضافية تساعد في تحديد كميات المياه السطحية. على سبيل المثال إذا توافرت آي بيانات عن محطة لقياس تصرفات المياه السطحية لاحد الأودية المؤثرة على الطريق ... الخ.

٣-٢-٢ : صرف الطريق Road Drainage

يعد التصميم الأمثل لصرف الطريق فى حالات قطاعات الردم هو السماح للمياه بالتدفق من الطريق الى الطبان ومنه عبر الميول الجانبية الى اسفل حتى الأرض الطبيعية. ويحدث تآكل بسيط اذا تمت حماية الميول بالنجيل آما اذا لم يتم عمل هذه الحماية فان الميول تكون معرضة للتآكل والنحر. آما فى حالات قطاعات الحفر فيلزم إنشاء مصارف طولية بجوار الحافة الخارجية للطبان بحيث يبدأ الميل من نهاية الطبان وحتى قاع قناة الصرف بمقدار ١:٤ وتكون المسافة الأفقية لهذا الميل حوالى متران. آما بالنسبة للطرق الثانوية فيمكن زيادة ميول قناة الصرف الى ١:٣ وتخفيض المسافة الأفقية للميل الى متر واحد فقط وذلك حتى يمكن صرف المياه من طبقة الأساس الموجودة تحت الرصف كذلك. ويجب ان يكون قاع قناة الصرف منحدرا بحيث لايقل الميل عن ٠,٢% للقنوات المبطنة ٠,٣% للقنوات غير

المبطنة. ويجب تبطين جوانب القناة بالحشائش أو الأحجار المكسوة أو الزلط فـــى حالات التربة المفككة.

٣-٢-٣ : أسطح الرصف والطبان Pavement and Shoulder Surface

يجب ان يكون الرصف مانعا لنفاذ المياه. كما يجب ان يكون الرصف املس لدرجة كافية وله ميل عرضى كافى حتى يسهل على المياه جريانها نحو الحواف. ويمكـــن حماية هيكل الرصف وطبقاته تحت السطحية من المياه المتسربة بكفاءة عالية وذلك عن طريق الرصف الكامل بالأسطح الإسفلتية الغير منفذة للطريق وكذلك للطبـــان (كتف الطريق). والرصف الكامل بالاسفلت رغم تكلفته العالية نسبيا ألا أنه يـــؤدى الى حماية الطريق وزيادة عمره الافتراضى ويقلل من تكـــاليف صيانـــة الطبـــان ويحقق درجة كبيرة من الأمان على الطريق وذلك نتيجة للتصريف السريع للميـــاه ونقلها بعيدا عن محاور الحركة. ويجب ان تكون أ سطح الرصـــف خاليـــة مـــن الشقوق والفتحات والثقوب وذلك لمنع المياه من التســـرب الـــى الطبقـــات تحـــت السطحية. كذلك يجب ان يكون الارتباط بين الطريق والطبان محكما ويجب مراعاة ذلك بصورة اكثر فى حالة عدم الرصف الكامل بالاسفلت حيث ان الانفصال فـــى أسطح الرصف بين الطريق والطبان ينتج عنه تسرب للمياه عند خط الانفصال الى الطبقات تحت السطحية او تراكم للمياه على الطريق فى حالة ما إذا تكونت حافـــة فى صورة حاجز يمنع صرف المياه عن الطريق الـــى الطبـــان الـــى الاراضـــى المجاورة. وفى حالة الطبانات غير المرصوفة بالاسفلت فإنها يجب ان تكون مـــن المواد الحبيبية جيدة التدرج حتى لا تفقد ثباتها وتماسكها عندما تبتل بالمياه ويجـــب مراعاة عمليات الصيانة الدورية للتأكد من كفاءة تصريف هذه الطبانات.

٣-٢-٤ : الميول العرضية لاسطح الرصف والطبان

يتم إنشاء أسطح الرصف للطريق والطبان بحيث يكون لـــها ميـــل فـــى الاتجـــاه العرضى وذلك لتسهيل حركة صرف المياه من على الأسطح. والتصميم الأمثل هو

الذى يسمح بحركة الماء من سطح الطريق الى الطبان ومنها الى قنوات التصريف المفتوحة الجانبية او الى البردورات المزودة بالبالوعات. والقيم الشائعة الاستخدام للميول العرضية لاسطح الرصف والطبانات وقنوات التصريف المفتوحة مبينة فى جدول رقم(٣-١).

جدول رقم (٣-١) : الميول العرضية لاسطح الرصف والطبانات وجوانب قنوات التصريف المفتوحة

	ملليمتر/متر	نسبة مئوية
سطح الرصف	١٥-٣٠	١,٥-٣,٠
الطبان	٤٠-٦٠	٤,٠-٦,٠
قناة التصريف	٢٥٠-٥٠٠	٢٥,٠-٥٠,٠

ويتضح من الجدول ان ميل الطبان يجب ان يكون اكبر من ميل سطح الرصف حيث انه من مادة اكثر خشونة من الطريق. وفى حالة وجود منحنيات أفقية ووجود ميل عرضي حبير فيجب ان يمتد ميل الرصف ليشمل الطبان أيضا فى حالة الميل للخارج (منحنى أيمن).

وتتجمع مياه الأمطار من أسطح الرصف والطبانات فى قنوات مفتوحة جانبية او فى بالوعات ويستثنى من ذلك حالات الجسور عندما يسمح بصرف المياه على الميول الجانبية لهذه الجسور الا فى حالات الجسور المرتفعة او التربة القابلة للنحر. ويجب مراعاة ان تكون أعلي نقطة فى القطاع العرضى للرصف منطبقة مع محور الرصف ويميل الرصف بانحدار منتظم نحو الجانبين وذلك فى الاجزاء المستقيمة العادية من الطرق ذات الحارتين والاتجاهين.

٣-٢-٥ : الجزر الوسطى Median Areas

تنشأ الجزر الوسطى فى الأساس لفصل المرور فى الاتجاهين عن بعضهما البعض. وكلما كان ممكنا فان الجزر الوسطى يجب أن يكون لها منسوب اقل من

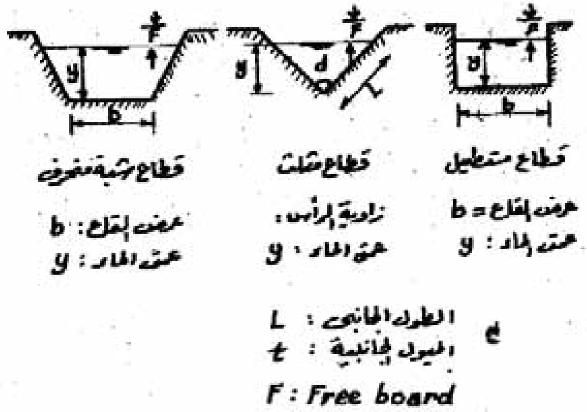
الطريق لتيسير عملية صرف المياه عليها بشرط الا تكون عميقة الى الدرجة التى تسبب إعاقة لعملية الصرف كذلك يجب ان يكون لها ميول جانبية مناسبة عادة ماتكون ١:٦ او اكثر كلما كان ذلك ممكنا آما الميول الجانبية ١:٤ او اكثر حدة من ذلك فيجب تجنبها قدر الإمكان كما يجب ان تزود الجزر الوسطى بقناة ذات ميل فى الاتجاه الطولى وذلك لمنع تراكم المياه لفترات طويلة وميل مقداره ٠,٥% يعتبر مقبولا فى الحالات التى يتم فيها رصف القناة. آما فى حالة القنوات الترابية فان ميل اكبرقليلا من هذه القيمة يكون مطلوبا. وينصح برصف الجزر الوسطى بالإسفلت فى حالة المساحات الضيقة المنخفضة وذلك لمنع نحر التربة.

٣-٢-٦ : قنوات التصريف المكشوفة

تعد قنوات التصريف المكشوفه أتحد أهم أساليب الحماية السطحية من السيول. ويجب ان تتم الاستفادة من هذا الأسلوب بأقصى درجة ممكنة مع توافر الأمان والتشغيل الأمثل للطرق وذلك بسبب توافر المرونة ومعامل الأمان العاليان مع *التكلفة البسيطة والأعمال القليلة المصاحبة لتنفيذ قنوات التصريف المكشوفة. الا* انه يجب ان يراعى عند تصميم وتنفيذ هذه القنوات ألا يكون مصاحبا لها أعمال مكثفة للصيانة بعد التنفيذ نتيجة لحدوث نحر أو تسريب فى القنوات او انهيار لجوانبها اوتآكل للطريق نفسه نتيجة لتسرب المياه من القناة اسفل طبقات الرصف او نتيجة لغمر المياه الزائدة عن سعة القناة لسطح الطريق ذاته. وفيما يلى أهم عناصر تصميم قنوات التصريف المكشوفه.

أنواع القطاعات العرضية

توجد أنواع كثيرة من القطاعات العرضية التى يمكن اختيار احداها للتنفيذ فى الطبيعة وذلك حسب نوع التربة ومدى تماسكها وكذلك تبعا للمحددات الاقتصادية وحرم الطريق. ويوضح الشكل رقم (٣-١) الأشكال الشائعة للقطاعات العرضية التى يمكن تنفيذها فى الطبيعة لحماية الطرق من أخطار الامطار والسيول ويحتوى



شكل رقم (٣-١) : الأشكال الشائعة للقطاعات العرضية وعناصرها

الشكل أيضا على تعريف لعناصر هذه القطاعات. وتجدر الإشارة الى انه توجد قطاعات مركبة من مجموعة من هذه القطاعات ويمكن معاملة هذه القطاعات المركبة بنفس الأسلوب الذي سوف يتم التعامل به مع القطاعات التالية التى تم اختيارها. هذا ويجب اختيار القطاع على شكل شبه منحرف عندما يزيد تصرف القناة عن ١,٧ متر مكعب/ثانية.

يوضح الجدول رقم (٣-٢) الميول الجانبية الشائعة التى يمكن استخدامها عند تصميم قنوات التصريف المكشوفة الغير مبطنة وذلك تبعا لأنواع التربة المختلفة. ويجب فى جميع الحالات اضافة سطح حر (Free board)(F) زيادة على عمق الماء التصميمى لايقل عن ١٠ سم - ٢٥ سم متر تحسبا لحدوث امواج داخل القناة او هبوط للارض او تراكم للمواد الرسوبية داخل القناة او حدوث تصرفات اعلى من التى تم تصميم القناة عليها. ويوضح الجدول رقم (٣-٣) اهم خصائص القطاعات العرضية المذكورة

جدول (٣-٢) : الميول الجانبية لقنوات التصريف المكشوفة

نوع التربة	الميول الجانبية(t:1)
صخور صماء	0,25:1
صخور بها شروخ	0. 5:1
تربة قوية	1:1
طفلة أوطمى	1. 5:1
رمل	1. 5:1

جدول رقم (٣-٣) : أهم خصائص القطاعات العرضية

القطاع	مستطيل	مثلث	شبه منحرف
مساحة القطاع المائى(A)	by	$Y^2 \tan\frac{0}{2}$	(b+ty)y
عرض سطح الماء(B)	b	$2y \tan\frac{0}{2}$	b+2ty
المحيط المبتل(P)	b+2y	$2y\ \sqrt{1+t^2}$	$b+2t\ \sqrt{1+t^2}$

حيث A هى مساحة القطاع المائى بدون ادخال السطح الحر فى الاعتبار B هـــى عرض القطاع عند سطح الماء و P هى المحيط المبتل اى الطول من القطاع الذى يتلامس فيه الماء بالتربة.

تصميم القنوات المكشوفة فى حالة السريان المنتظم

سوف يتم هنا الاكتفاء بعرض طريقة تصميم القنوات المكشوفة فى حالة الســـريان المنتظم فقط. ويعرف السريان المنتظم بانه السريان الذى لايتغير فيـــه ســـرعة او عمق الماء من مكان لاخر عند ثبوت الزمن. وهـــذا التعريـــف يعنـــى ان يكـــون

التصرف (Q) ثابتا مع الزمن وان يكون ميل الارض ثابتا على طول مجرى القناة وايضا ان تكون نوعية التربة واحدة غير متغيرة. ومن الواضح ان هذا التعريف لاينطبق كثيرا مع الطبيعة إلاانه يمكن التوائم معه اذ تم اختيار اقصى تصرف لمياه السيل عند تصميم القناة وكذلك اختيار ميل الارض المتوسط للتربة. وتوجد معادلات كثيرة يمكن استخدامها فى تصميم القنوات المكشوفة الا ان أكثر هذه المعادلات شيوعا واستخداما هى معادلةماننج (Manning Equation) التى يمكن كتابتها على صورة:

$$Q = AV = A\frac{1}{n}R^{2/3}S_0^{1/2}$$

حيث:

Q : هو التصرف $m^3 / \sec$

A : مساحة القطاع المائى m^2

V : السرعة المتوسطة للسريانm/sec

R : القطر الهيدروليكى $(m)\ \frac{A}{P} =$

S_0 : ميل القناة في الاتجاه الطولى cm/cm

n : معامل ماننج ويمكن تحديده حسب نوع التربة كما هو مبين فى الجدول رقم (٣-٤) .

اذا نظرنا الى معادلة ماننج اوجدنا انه يجب على المصمم ان يحدد التصرف Q الذى يمكن اخذه مساويا لاقصى تصرف للسيل وميل القناة فى الاتجاه الطولى S_0ويمكن اخذه مساويا للميل المتوسط للارض بشرط ان لاتزيد التكلفة بدرجة كبيرة(من الممكن اختيار ميل القناة بحيث تكون كميات الحفر مساوية لكميات الردم) والميل الجانبى للقناة t:1 ومعامل ماننج ويتم تحديدها من الجدولين(٣-١)، (٣-٤) على الترتيب حسب نوع التربة وهل سيتم تبطين القناة ام لا. وعلى ذلك يتبقى فى المعادلة مجهولان هما عرض القاع b وعمق الماء y فى حالة القناة على شكل مستطيل او شبه منحرف وعمق الماء y وزاوية الراس فى حالة القناة على

جدول رقم (٣-٤) : معاملماننج

معامل ماننج	طبيعة قناة التصريف
0.04-0.35	ارض طبيعية من الصخور الناعمة المستوية
0.045-0.04	ارض طبيعية من الصخور الخشنة غير المنتظمة
0.026-0.02	تربة من الحصى بدون نباتات
0.025-0.02	تربة رملية بدون نباتات
0.024-0.022	تربة طفلية او طميية بدون نباتات
0.07-0.05	تربة مقاومة للنحر مغطاة باعشاب متوسطة
0.05-0.03	تربة غير مقاومة للنحر مغطاه باعشاب متوسطة
0.09-0.07	تربة مقاومة للنحر مغطاة باعشاب كثيفة
0.05-0.04	تربة غير مقاومة للنحر مغطاة باعشاب كثيفة
0.08-0.05	قاع القناة نظيفا والجوانب عليها شجيرات
0.12-0.08	حشائش كثيفة
0.014-0.012	قناة مبطنه بالخرسانة المسواة يدويا
0.015-0.013	قناة مبطنة بالخرسانة المصقولة
0.016-0.014	قناة مبطنة بالخرسانة بدون نهو
0.017-0.015	قناة مبطنة بالخرسانة والجوانب احجار مسواه بالمونة
0.04-0.02	قناة مبطنة بالخرسانة مع جوانب من دكه الحجارة
0.033-0.017	قناة مبطنة بالحصى والجوانب من دكه الاحجار
0.017-0.014	قناة مبطنة بالطوب
0.016-0.013	قناة مبطنة بالاسفلت

شكل مثلث. ولذلك فانه يجب الاستعانة بمعادلة اخرى يكون فيها نفس المجهولان حتى يمكن حساب قيمتها. وتوجد معادلات كثيرة للتصميم يمكن الاستعانة بها من اهمها المعادلات التالية:

١- معادلة افضل قطاع هيدروليكى

وتصلح هذه المعادلة فى حالة انشاء القنوات المبطنة حيث انه فى هذه الحالة يمكن اعتبار القناة غير قابلة للنحر. كذلك تصلح هذه المعادلة للتطبيق فى حالة التصرفات الصغيرة ولاتصلح فى حالة التصرفات الكبيرة حيث تعطى فى هذه الحالة عمقا كبيرا بالمقارنة مع عرض القاع مما يجعل جوانب القطاع غير آمنة ويسهل انزلاقها وبالتالى يحدث انهيار للقناة. ويعرف افضل قطاع هيدروليكى بانه القطاع الذى يحمل اقصى تصرف من خلال مساحة قطاع مائى محددة باقل محيط مبتل او انه القطاع الذى له اقل مساحة قطاع مائى يمكنها تمرير تصرف محدد.

ويمكن كتابة معادلة افضل قطاع هيدروليكى على الصورة:

القطاع المستطيل: b=2y

$$R = \frac{A}{p} = \frac{y}{2}$$

القطاع المثلث :

$$\theta = 90^0$$

القطاع شبه المنحرف :

$$b + 2ty = 2y\sqrt{1+t^2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{y}{2}$$

٢ - معادلة اقصى سرعة (V_{max})

وتصلح للاستخدام فى حالة القنوات التى يتم انشاؤها خلال تربة قابلة للنحر حيث ان زيادة سرعة السريان عن حد معين حسب نوع التربة يسبب تآكل للقناة وكذلك للمنشات المقامة عليها او بجوارها. واقصى سرعة يمكن للتربة تحملها بدون

حدوث نحر او تآكل يمكن الحصول عليها من الجـــدول رقــم (٣-٥). وتجــدر الاشارة الى ان هذه السرعة هى اقصى سرعة متوسطة للسريان وعلى ذلك يمكــن كتابة معادلة السرعة على الصورة:

$$V = V_{max} = \frac{Q}{A}$$

٣ - معادلة اقصى اجهاد قص (t_c)

وتصلح هذه المعادلة للاستخدام فى حالة القنوات التى يتم انشاؤها خلال تربة قابلــة للنحر وذلك بسبب زيادة اجهاد القص الناتج عن السريان عن حد معين حسب نـوع التربة الذى ينتج عنه حدوث نحر او تاكل للقطاع. ويمكن الحصول على قيم اقصى اجهاد قص من الجدول (٣-٥) حسب نوع التربة. ويمكن كتابة معادلة التصميـــم على صورة :

$$\tau_c = \tau = \gamma R S_0$$

حيث γهى الوزن النوعى للمياه وقيمتها ١٠٠٠كجم/متر٣.

مثال١ :

صمم قطاع لقناة تصريف مكشوفة على شكل شبه منحرف بميـــول جانبيــة ٢:٣ لتحمل تصرف مقداره ٢٨,٩٥ m^3/sec علما بان ميل الارض المتوسط ٢٠ سم/كم والقناة مبطنة بالحصى والجوانب من دكه الاحجار باستخدام طريقة افضل قطـــاع هيدروليكى فى التصميم.

من الجدول السابق يمكن اخذ معامل ماننج $n = 0.03$

جدول رقم (٣-٥) : اقصى سرعة (V_{max}) واقصى اجهاد قص τ_c لأنواع مختلفة من التربة

نوع التربة	مياه صافية(V)	مياه محملة بالطمى(V)	مياه صافية τ	مياه محملة بالطمى τ
رمال ناعمة غروية	٠,٤٥٧	٠,٧٦٢	٠,١٤٤	٠,٣٨٦
رمال طميية غير غروية	٠,٥٣٤	٠,٧٦٢	٠,١٩٣	٠,٣٨٦
طمى نهرى	٠,٦١٠	١,٠٦٧	٠,٢٤٢	٠,٧٢٥
حصى ناعم	٠,٧٦٢	١,٥٢٤	٠,٣٨٦	١,٥٤٠
طين اصم	١,١٤٤	١,٥٢٤	١,٢٦٠	٢,٢٢٠
حصى خشن	١,٢٢٠	١,٨٢٩	١,٤٤٠	

معادلة ماننج

$$Q = AV = A\frac{1}{n}R^{2/3}S_0^{1/2}$$

$$28.95 = (b+1.5y)y\frac{1}{0.03}\left[\frac{b+1.5y)y}{b+2y\sqrt{1+(1.5)^2}}\right]^{2/3}(20*10^{-5})^{1/2}\text{L}$$

معادلة افضل قطاع هيدروليكى

$$b+2ty = 2y\sqrt{1+t^2}$$

$$b = -3y+3.6y = 0.6y$$

$$R = \frac{y}{2}$$

وبالتعويض فى المعادلة رقم (١)

$$28.95=(0.6y+1.5y)y\frac{1}{0.03}\left[\frac{y}{2}\right]^{2/3}(20*10^{-5})^{1/2}$$

$$y^{8/3}=48.42$$

$$y=4.22m \quad and \quad b=2.53m$$

وعلى ذلك يتم اختيار قطاع على شكل شبه منحرف له الخصائص التالية :

b = 2.55m	عرض القاع
y = 4.25m	عمق الماء
t:1 = 1.5:1	الميول الجانبية
F = 0.25m	السطح الحر
S = 20 cm/km	الميل فى الاتجاه الطولى

مثال ٢:

صمم قطاع لقناة مكشوفة على شكل شبه منحرف لتحمل تصرف مقدار ٤٠ م٣/ثانيه علما بأن ميل الأرض المتوسط ١٢سم/كم والتربة من الحصى. استخدام طريقة أقصى سرعة مسموح بها فى التصميم.

من الجداول السابقة يمكن اخذ الميول الجانبية لشبه المنحرف $t:1=1:1$

معامل ماننج $n=0.02$

أقصى سرعة مسموح بها $V=0.762m/\sec$

معادلة ماننج

$$Q = AV = A\frac{1}{n}R^{2/3}S_0^{1/2}$$

$$40 = (b+y)y\frac{1}{0.02}\left[\frac{(b+y)y}{b+2y\sqrt{2}}\right]^{2/3}(12*10^{-5})^{1/2} \quad \text{LLL} \qquad 1$$

$$V = 0.762 = \frac{Q}{A} = \frac{40}{(b+y)y} \qquad \text{LLL} \qquad 2$$

من المعادلة رقم (٢) نحصل على (3) $b = 52.5/y - y$

بحل المعادلتين (٢)، (٣) بطريقة التجربة والخطأ نحصل على:

$b = 25.7m \quad and \quad y = 1.9m$

وعلى ذلك يتم اختيار قطاع على شكل شبه منحرف له الخصائص التالية:

عرض القاع b = 25.7m عمق الماء y = 1.9m

الميول الجانبية t:1 = 1:1 السطح الحر F = 0.25m

الميل فى الاتجاه الطولى $S_0 = 12cm/km$

مثال٣

صمم قطاع لقناة تصريف مكشوفة على شكل شبه منحرف لتحمل تصرف مقداره ٤٣,٤ m^3/Sec علما بان التربة من الطمى والمياه صافيه وميل الأرض المتوسطة 10 cm/km . باستخدام طريقة أقصى إجهاد قص.

من الجدول السابق يمكن اخذ الميول الجانبية لشبه المنحرف t:1 = 1.5:1

معامل ماننج n = 0.024

أقصى إجهاد قص $\tau_c = 0.242 kg/m^2$

معادلةماننج

$$Q = AV = A\frac{1}{n}R^{2/3}S_0^{1/2}$$

$$43.4 = (b+1.5y)y\frac{1}{0.024}\left[\frac{(b+1.5y)y}{b+2y\sqrt{1+(1.5)^2}}\right]^{2/3}(10*10^{-5})^{1/2} \quad \text{L L L} \quad 1$$

معادلة أقصى اجهاد قص

$$t = 0.242 = \delta \quad RS$$

$$0.242 = 1000\frac{(b+10.5y)y}{b+1.5y\sqrt{1+(1.5)^2}}(10*10^{-5}) \qquad \text{L L L} \quad 2$$

بحل المعادلتين (١)، (٢) بطريقة التجربة والخطأ نحصل على

b = 11.25 m and y = 3.5 m

وعلى ذلك يتم اختيار قطاع على شكل شبه منحرف له الخصائص التالية

عرض القاع **b = 11.25 m**

عمق الماء **y = 3.5 m**

الميول الجانبية **t : 1 = 1.5 : 1**

السطح الحر **F = 0.25m**

الميل فى الأتجاه الطولى $S_0 = 10cm / km$

ملحوظة هامة :

يمكن ملاحظة انه مع ثبوت جميع البيانات (التصرف، نوع القطاع، الميل الطولى، معامل ماننج، الميول الجانبية) ، فان عرض القاع وعمق الماء يتغيران تبعا لطريقة التصميم اى ان كل طريقة للتصميم تعطى نتائج مختلفة عن الطرق

الاخرى. ولذلك فعلى المصمم ان يختار النتائج الملائمة للتنفيذ فى الطبيعة حسب اعتبارات اخرى مثل كميات الحفر والردم او نزع الملكيات او عمق الماء المناسب حتى لايرتفع منسوب الماء عن الاراضى المجاورة او ينخفض بدرجة كبيرة عن منسوب المياه عند المصب وغيرها من الاعتبارات الاخرى.

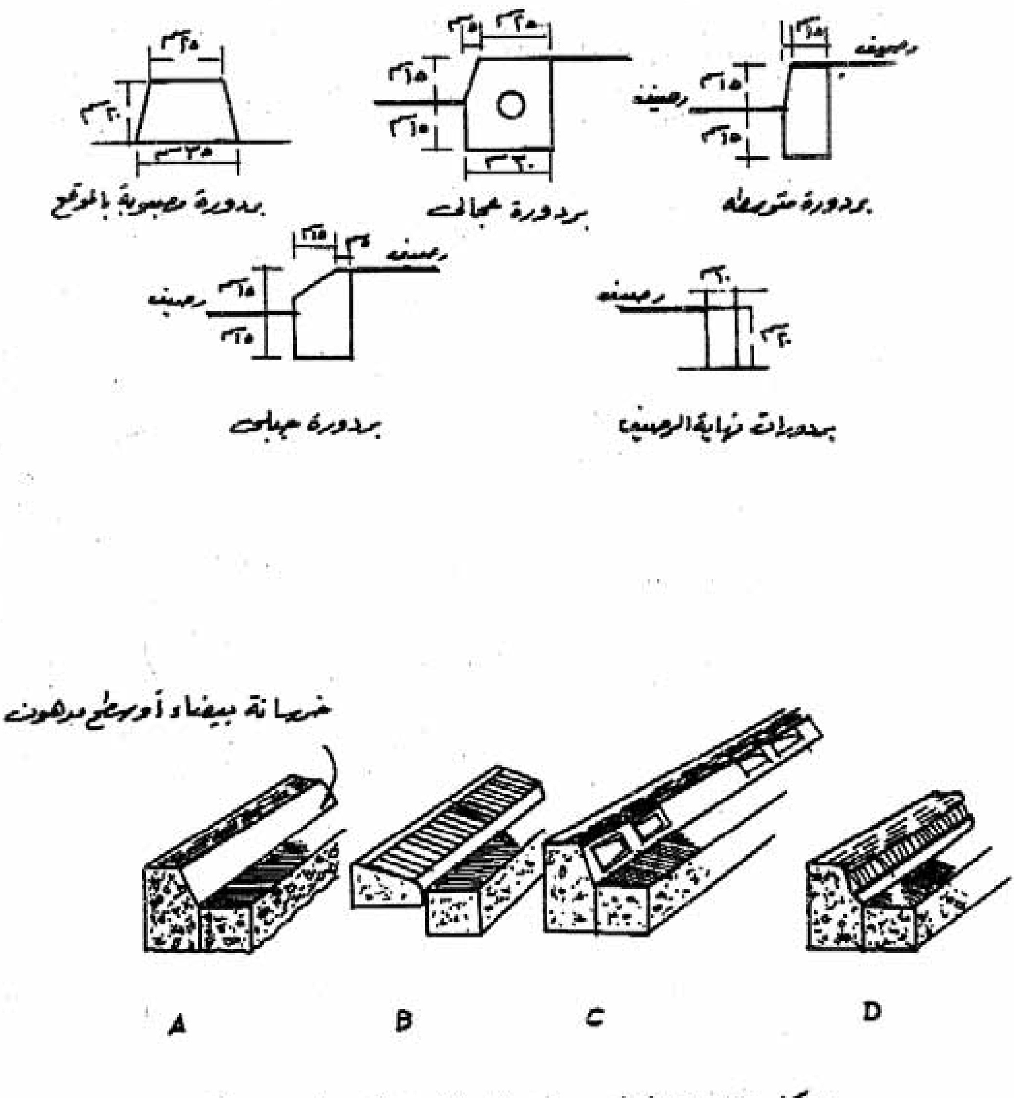
٣-٢-٧ :البردورات والبالوعات

البردورات (Curbs) هى من الخرسانة الاسمنتية ذو سطح رأسي ,و منحدر يوضع على حافة الطريق او كتف الطريق ويشكل جزء من مزراب تصريف الماء ويدعم او يحمى حافة الطريق. اما البالوعات (Gutters) فهى ممر مائى مرصوف غالبا مايكون ضحلا لتصريف المياه السطحية. وتستخدم البردورات والبالوعات للتحكم في تصريف المياه بالاضافة الى وظائفها الاخرى والتى تشمل منع تصادم المركبات بالمشاه وحماية اسطح الرصف.

وتستخدم البردورات والبالوعات اكثر فى المناطق الحضرية وخاصة المناطق السكنية حيث تستخدم في الربط مع نظام بالوعات العواصف للتحكم فى صرف المياة من على الطريق.

وتوضع البالوعات او مجارى الصرف فى حالة الرصف ناحية البردورة لاعطاء امكانية تصريف المياه للطريق وتقيل لمنع حوادث المرور وعادة لها ميول عرضية ٥% الى ٨% وعرض من ٣٠ سم حتى ١,٨ متر.

ويمكن تصميم البالوعات على شكل قطاعات V-type او غالبا قطاعات مسطحة بقطاعات مستديرة (rounded) ويبين شكل (٣-٢) بعض الاشكال النمطية للبردورات والبالوعات.



شكل (٣-٢) نماذج بردورات الارضية بمجارى صرف

٣-٢-٨ : صرف مياه الطرق فى المناطق الحضرية

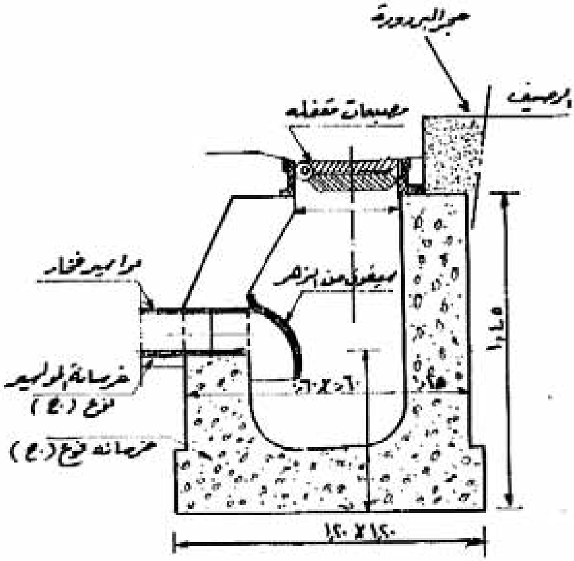
يتم عادة توجيه المياه المتساقطة على او بالقرب من شوارع المدن والطرق الحرة الحضرية والطرق السريعة عن طريق الميل العرضى الى المزاريب الجانبية ثم تسيل المياه حسب الميل الطولى للطريق لتصل الى مداخل المزاريب ومنها الى المصارف الموجودة تحت الارض.

والمزاريب والبالوعات فى المناطق الحضرية عادة ماتصمم بحيث تحد من انتشار المياه على حارات السير وتجعله فى حدود قصوى افتراضية معينة ويجب الاتتعدى المياه اكثر من ٦ اقدام من الحارة الخارجية للشرايين فى مستوى واحد عند التصميم على اساس فيضان يتكرر كل ١٠ سنوات. فى حين يستخدم الفيضان المتكرر كل ٥٠ سنة فى المناطق المنخفضة.

ويتطلب تصميم المزاريب وبالوعات الجزيرة الوسطى للطرق الحرة والشوارع الحضرية عناية خاصة . فيجب ان تمرر الفيضان التصميمى من غير انسداد بالحطام من فروع الاشجار وخلافه، وفى نفس الوقت يجب ان تكون البالوعات فى نفس المستوى مع سطح المزاريب او الجزيرة الوسطى حتى لاتشكل اى خطورة على المركبات.

٣ - ٢- ٩: بالوعات صرف مياه الامطار Catch Basin

وهى عبارة عن حجرات ذات غطاء به فتحات فى سطحها العلوى مفرد اومزدوج يسمح بدخول الماء دون الاوراق والفضلات وتخرج منها المياه عن طريق مواسير صرف ذات قطر لايقل عن ١٢٥مم (٥ بوصة) وبميل ١/١٠٠ وتصرف لاقرب مطبق فى شبكة الصرف ويجب وضع البالوعات فى الاماكن المنخفضة من الطريق على الاتزيد المسافة بين بالوعتين متتاليتين على ٢٠٠م وطبقا للقطاع العرضى للطريق حيث يتم وضع البالوعات على جانب واحد او جانبين وتنشأ عند تقاطعات الطرق وعلى ان تكون بجوار الرصيف مباشرة شكل (٣-٣).



شكل (٣-٣) : بالوعة صرف مياه الامطار

٣-٢-١٠ : البرابخ Culverts

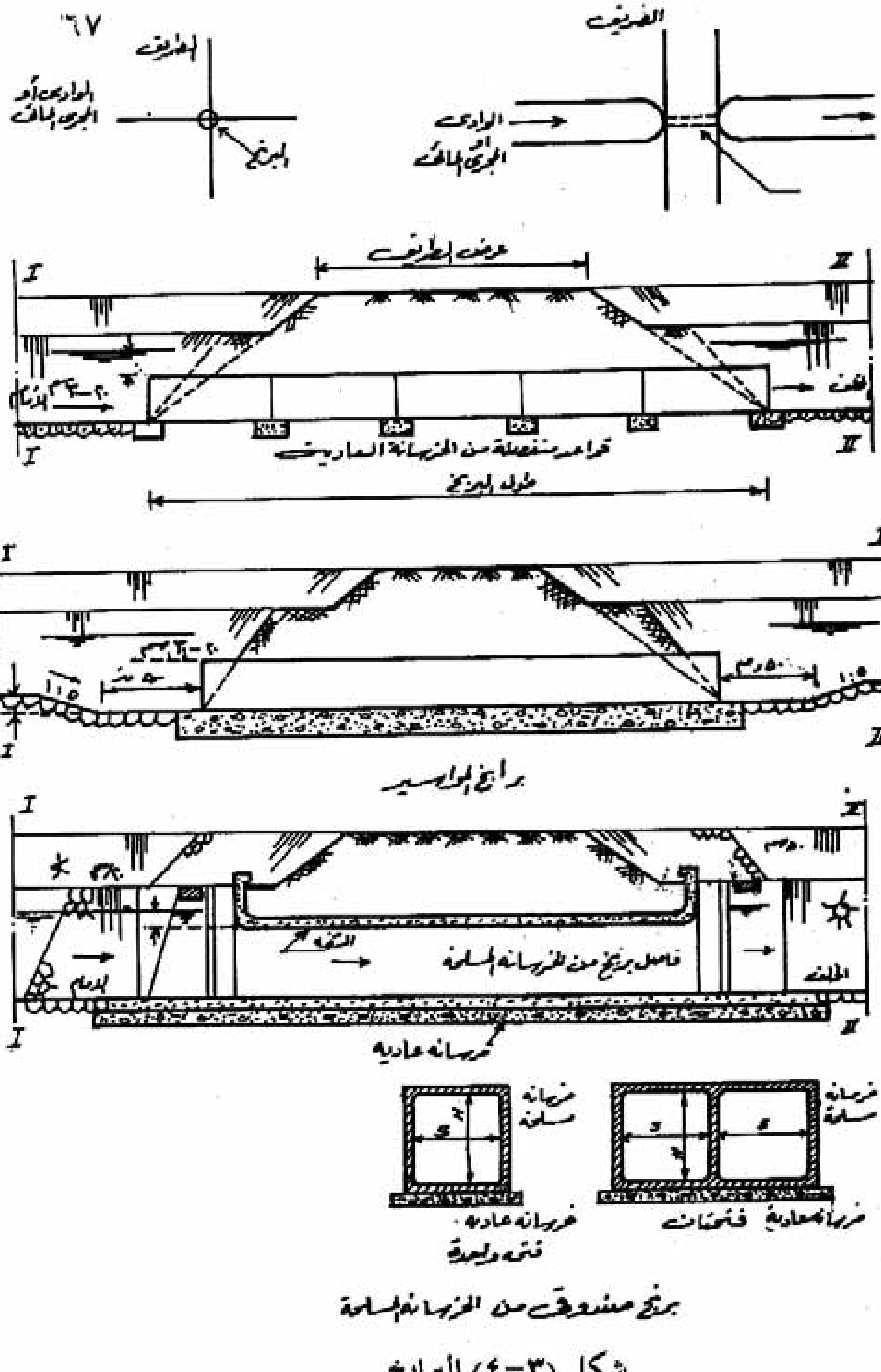
البرابخ هى قطاعات يتم انشاؤها تحت الطرق عند تقاطعها مع اى مجرى مائى طبيعى كالوديان اوعند تقاطعها مع قنوات توصيل المياه وذلك بغرض حماية الطرق عند نقاط التقاطع. وعادة مايتم انشاء البرابخ بالنظم ومن المواد الاتية كما هو موضح فى الشكل (٣-٤).

١- واحدة او مجموعة من المواسير الصلب .

٢- واحدة او مجموعة من المواسير المصنوعة من الخرسانة العادية فى حالة الاقطار الصغيرة وعند التأكد من عدم تعرضها لاحمال كبيرة.

٣- واحدة او مجموعة من المواسير من الخرسانة المسلحة.

٤- واحدة او مجموعة من الفتحات الصندوقية مصنوعة من الخرسانة المسلحة.



شكل (٣-٤) البرابخ

التصميم الهيدروليكى للبرابخ Hydraulic Design of Culverts

يجب اولا قبل عمل التصميم الهيدروليكى للبربخ لتحديد شكل وابعاد القطاع ان تحدد كمية المياه التى سيتم تصريفها خلال البرابخ. فمن الضرورى تصميم البربخ ليمرر اقصى تصرف محتمل للوادى عند نقطة تقاطعه مع الطريق. وكذلك يمكن اختيار قيمة اقل من اقصى تصرف لتصميم البربخ على ان يسمح بالتخزين الوقتى امام البربخ. فمن الناحية الاقتصادية فى حالة ماإذا كان تصرف الوادى كبير ان يتم التصميم على قيمة ٥٠% او اكبر من اقصى تصرف حسب ماهو مسموح به من تخزين وقتى حتى لاتحصل على مساحات كبيرة لقطاع البرابخ مما ينعكس على التكلفة. اما اذا كانت التصرفات صغيرة فيفضل تصميم قطاع البرابخ على اقصى قيمة لتصرف الوادى.

ويجب مراعاة النقاط الاتية عند تصميم البرابخ:

١- يجب الاتزيد السرعة داخل البربخ عن ٥ر٢ متر/ثانية حتى يتم تجنب النحر المصاحب للسرعات العالية كذلك لايجب ان تقل السرعة عن ١,٠ متر/ثانية حتى لايحدث اطماء داخل البربخ.

٢- يجب ان يكون منسوب المياه امام البرابخ اعلى من شفة البربخ بمسافة لاتقل عن ٢٥سم حتى يعمل البربخ بكامل طاقته.

٣ - فى الحالات التى لاتتوافر فيها منسوب للمياه اعلى من شفة البربخ يتم عمل انحدار فى الارض امام البربخ بمسافة كافية وذلك لوضع البربخ على منسوب اقل من منسوب الارض الطبيعية لمخر الوادى حتى يتم التأكد من غمر البربخ ليعمل بكامل طاقته كما هو مبين فى الشكل (٣-٤).

٤- فى جميع الاحوال يجب اختيار منسوب الطريق عند نقطة التقاطع بحيث يكون اعلى من منسوب سطح البربخ بمسافة لاتقل عن ١,٠ الى ١,٥متر. وهذه المسافة تفيد عملية التخزين الوقتى امام البربخ بالاضافة الى انها تخفف من الاحمال الديناميكية المؤثرة على البربخ.

وعلى ذلك تكون خطوات تصميم البربخ هيدروليكيا للحصول على القطاع كالتالى:

١- يتم حساب او تقدير التصرف التصميمى للبرابخ (Q) .

٢- يتم فرض السرعة داخل البرابخ (V_s) من ١.٠ الى ٢.٠متر/ثانية.

٣- يتم حساب القطاع المائى للبرابخ (Av) من المعادلة :

$$Q / Vs = N.S.H$$

حيث N هى عدد فتحات البربخ و S عرض الفتحة الواحدة و H ارتفاع الفتحة الواحدة.

٤- يتم اولا اختيار قيمة H بدلالة مناسيب المياه امام البربخ. ويمكن اختيار S اكبر من او تساوى H وعندئذ يتم حساب عدد الفتحات المطلوبة وتقرب لاقرب اكبر عدد صحيح ويجب ملاحظة ان هذا التصميم صالح لحالة غمر البربخ بالكامل من الامام والخلف.

٥- يجب فى حالة التصميم على اقصى تصرف متوقع حدوثه ان يتم تحديد منسوب المياه امام البربخ الذى سوف يرتفع بمقدار معين يمكن حسابه من المعادلة:

$$H_u = \frac{V_v^2}{2g}(c_e + c_f + c_0)$$

حيث H_u هى مقدار ارتفاع المياه امام البربخ عن الخلف، g هى عجلة الجاذبية الارضية (٩,٨١ متر/ثانية)، C_e هى معامل فقد الطاقة عند المدخل وتأخذ القيم (٠,٥ للفتحات المستطيلة ٠,٠٦--٠,٢ للفتحات المستديرة، ٠,٠١ — ٠,٠٥ للمدخل ذو الفتحة على شكل جرس)، C_o هى معامل فقد الطاقة عند المخرج وتأخذ القيمة ١,٠ ، C_f هى معامل فقد الطاقة بالاحتكاك داخل البربخ ويمكن حساب قيمته من المعادلة:

$$C_f = FL/m$$
$$F = a(1+b/m)$$

$$m = \frac{Cross \quad setion \quad area \quad of \quad one \quad vent}{Wetted \quad perimeter \quad of \quad one \quad vent}$$

حيث L هو طول البربخ، m نصف القطر الهيدروليكى و b,a ثوابت تتوقف قيمتها على نوع المادة المصنوع منه البربخ ويمكن الحصول عليه من جدول رقم (٣-٦)

جدول رقم (٣-٦) : قيمة a , b لحساب معامل فقد الطاقة بالاحتكاك داخل البربخ

نوع المادة	a	b
مواسير حديد ملساء	٠,٠٠٤٩٧	٠,٠٢٥٦
مواسير صدأة	٠,٠٠٩٩٦	٠,٠٢٥٦
خرسانة ملساء	٠,٠٠٣١٦	٠,٠٣٠٥
طوب	٠,٠٠٤٠١	٠,٠٧٠١
دقشوم مبانى	٠,٠٠٥٠٧	٠,٢٥٠٠

فى حالة التصميم على تصرف اقل من اقصى تصرف متوقع حدوثه فانه يجب اولا عمل الميزان المائى للبربخ لحساب منسوب المياه المتغيرة مع الزمن وخلف البربخ ثم عمل حساب مقدار الارتفاع المتوقع حدوثه لمنسوب المياه امام البربخ باستخدام نفس المعادلات السابقة.

امثلة على التصميم الهيدروليكى للبرابخ:

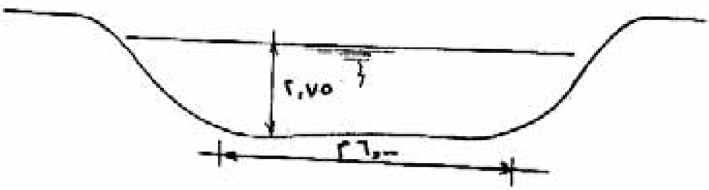
مثال(١)

المطلوب التصميم الهيدروليكى لبربخ يقع تحت طريق متعامد مع وادى للحالتين الآتيتين:

أ – بربخ مواسير

ب – بربخ خرساني مسلح رباعي الشكل وذلك للبيانات الاتية :

اقصى تصرف متوقع للوادى ذى عاصفة تصميميه معينة هو ١٢ م٣/ث، القطـــاع المائى للوادى عند نقطة التقاطع موضح بالشكل التالى:



كانت مساحة القطاع المائى = ١٦,٥م٢

السرعة داخل الوادى عند نقطة التقاطع وقبل الـــبربخ = ١٦,٥/١٢ = ٠,٧٣م/ث وهذه الحالة تمثل حالة وادى ذو سرعة معتدلة تماثل تقريبا ســـــرعات المجـــارى المائية لشبكات الرى والصرف دون ادنى مخاطرة

تفترض ان السرعة داخل البرابخ = ٢ متر/ثانية

مساحة قطاع البربخ = ٢/١٢ = ٦متر٢

أ – بربخ مواسير (Pipe Culvert)

$$6 = (\pi D^2 / 4) * N$$

حيث N هى عدد مواسير البربخ

D هو قطر الماسورة الواحدة

نفترض ان N=1

D = 2.75m

وفى هذه الحالة تكون الحافة العليا لماسورة البربخ منطبقة تماما مع منسوب اقصى تصرف متوقع داخل الوادى عند نقطة التقاطع وقبل الدخول فى البربخ مباشرة.

ولكن من الممكن ان نستفيد بخاصية التشغيل القصوى للبربخ اذا كانت هناك نسبة من الغمر لمواسير البرابخ على ان يحدث ارتفاع فى منسوب المياه امام البربخ كالاتى:

نفترض ان :

$$D = 2.5m$$
$$A = N\,\pi D^2/4$$
$$= \pi.(2.5)^2/4 = 4.9 \quad m^2$$

السرعة القصوى داخل البربخ تحسب كالاتى:

$$V_v = 12/4.9 = 2.45m/\sec$$

وهى تعتبر من السرعات المناسبة داخل البرابخ فى حالة الوديان.

كذلك يمكن حساب الارتفاع فى منسوب المياه امام البرابخ بعد انشائه كالاتى:

$$m = A_c/P = (\pi D^2/4)/\pi.D = D/4 = 0.625 \quad m$$

$$F = a(1 + b/m).$$

فى حالة $a = 0.005$، $b = 0.025$ نجد الاتى:

$$F = 0.005(1+0.025/0.625)=0.0052$$

واذا كان:

$$L = 15m$$
$$C_e = 0.5$$
$$C_o = 0.8$$

وبذلك يمكن حساب أقصى ارتفاع للمياه فوق منسوب سطح المياه داخل الوادى نتيجة لانشاء البربخ حيث يبلغ فى هذه الحالة حوالى ٤٥ سم وبذلك يكون عمق المياه الكلى امام البربخ حوالى ٢ر٣ متر. ولكن فى سياقنا لشرح طرق التصميم ذكرنا ان منسوب الطريق يجب ان يكون اعلى من منسوب المياه بمسافة من ١ الى ١,٥ متر كعامل امان يمكننا من مواجهة اى ظرف طارئ. وفى حالة عدم

توافر اقطار كبيرة مثل هذا المختار فاننا يمكننا زيادة عدد المواسير وتقليل الاقطار حسب المتاح فى السوق المحلى ويعاد الحل كما فى المثال السابق.

٢ – بربخ رباعى الشكل:

نفترض الاتى:

$$V_v = 2.0 m/\sec$$
$$A_e = 12/2 = 6 \quad m^2$$

$$6 = N.H.S$$
$$H = 2.75 - 0.25 = 2.5m$$
$$N = 1$$
$$S = 2.4m$$

وبذلك يكون ارتفاع الفتحه اكبر من عرضها وبنسبة بسيطة جدا ويمكـــن اختيـــار فتحة واحدة ذات ابعاد ٢,٥x ٢,٥ متر وبذلك يكون:

$$V_v = 12/(1*2.5*2.5) = 1.92 \quad m/\sec$$

$$m = A/P = 2.5*2.5/(4*2.5) = 0.625m$$
$$a = 0.00316 \quad , \quad b = 0.0305 \quad , \quad L = 15m$$

$$F = 0.000316(1 + 0.0305/0.625) = 0.0033$$
$$Hu = \{(1.92)^2/2*9.81\} \ \{0.5 + (0.0033*15/0.625 + 0.8\}$$

$$= 0.30 \quad m$$

$$= 30 \quad cm$$

وبذلك مع ذكر الشروط السابقة تكون فى حالة امان تام من عدم غمر الطريق بمياه السيول فى هذه الحالة.

مثال(٢):

المطلوب حساب التصميم الهيدروليكى لبربخ مطلوب انشاوه بنفس البيانات السـابقة فى المثال رقم (١) ماعدا ان التصرف الاقصى المتوقع للوادى عند نقطة التقـاطع = ٢٥ متر٣/ث.

الحل

نفرض ان :

$$V_v = 2.0 \quad m/\sec$$

$$A_v = 25/2 = 12.5 \quad m^2$$

$$12.5 = N.S.H$$

$$H = 2.5 \quad m$$

$$N.S = 12.5/2.5 = 5.0$$

يتم اختيار فتحتان بابعاد ٢,٥x٢,٥متر

$$m = A/P = 2.5x2.5/4*2.5 = 0.625 \ m$$

$$f = 0.00316(1+0.0305/0.625) = 0.00331$$

$$H_v = \{(2.0)^2/2*9.81\} \ \{0.5+(0.00331*15/0.625)+0.8\}$$

$$= 0.30m$$

$$= 30cm$$

عمق المياه المتوقع امام البربخ = $H + H_v$

= ٠,٣٣+٢,٧٥ ≅ ٣,١ متر

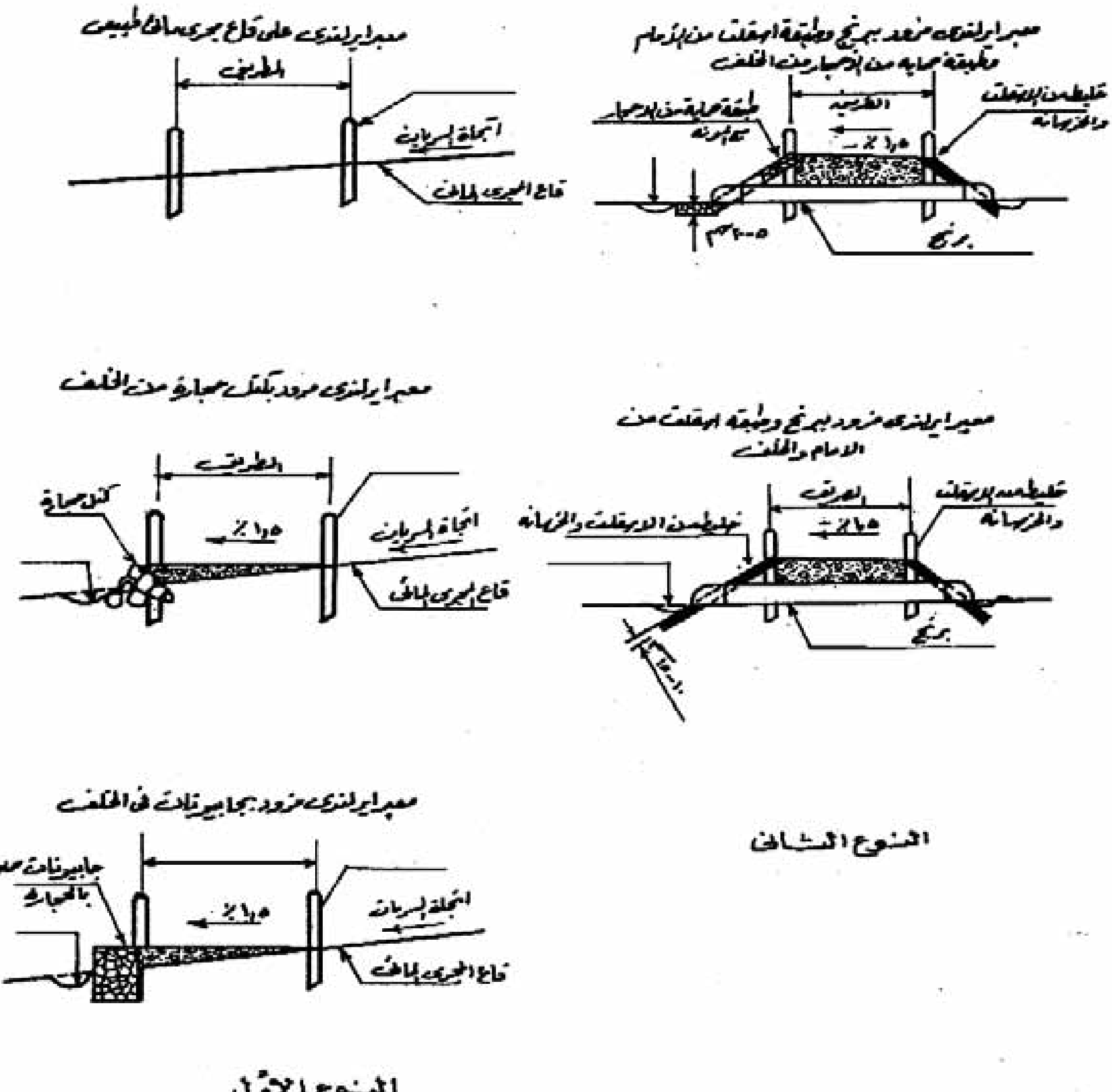
ويضاف الى ذلك مسافة لاتقل عن ١,٠ متر كمعامل امان وعلى ذلك يمكن تحديـد منسوب الطريق عند نقطة التقاطع.

٣-٢-١١ : المعابر الايرلندية Irish Crossings

المعابر الايرلندية هى عبارة عن طرق تتقاطع مع المجـــارى المائيـــة الطبيعيـــة (الوديان) ولكن تصمم بحيث تسمح بمرور الماء من فوقها مرة واحدة فى الســـنة تقريبا . وعادة ماتستخدم هذه المعابر عند تقاطع المجارى المائية الطبيعيـــة مـــع الطرق المحلية او فى الحالات التى تكون فيها هذه المجارى جافة طول الوقت عدا الحالات الفيضانية الناجمة عن العواصف المفاجئة الشديدة.

ويوجد نوعان من المعابر الايرلندية. الاول الذى يتم فيه تخفيض منسوب الطريـــق حتى يكون مساويا لقاع المجرى المائى. والثانى الذى يكون فيه منسوب الطريـــق اعلى قليلا من منسوب قاع المجرى المائى ويكون مزودا ببربخ اســـفل الطريـــق. والشكل رقم (٣-٥) يوضح النوعان من المعابر الايرلندية. وعند تصميم النـــوع الاول من المعابر الايرلندية يمكن ان يكون الطريق بدون غطـــاء للســـطح عنـــد التقاطع مع المجرى المائى ويمكن ان يغطى سطح الطريق عند التقاطع بالاســـفلت المخلوط بالخرسانة مع مراعاة وجود ميل حوالى١,٥% فى اتجاه سريان الميـــاه. ويجب ان يزود الطريق بطول الحافة الخلفية بصف من كتـــل الحجـــارة و مـــلء الفراغات بينها بالزلط او توضع جابيونات مملوءة بالحجارة. كذلك يجب مراعـــاة عدم حدوث نحر خلف كتل الحجارة او الجابيونات باتخاذ الاحتياطات المناسبة مثل وضع طبقات الحماية من الاحجار او تدبيش او غيرها.

وعند تصميم النوع الثانى من المعابر الايرلندية يراعى ان يكون ســـطح الجســـر الممثل للطريق عند التقاطع مع المجرى المائى له ميل حوالى ١,٥% فـــى اتجـــاه سريان المياه على ان يغطى الميل الامامى للجسر بخليط من الاسفلت والخرســـانة بسمك يتراوح بين ١٠-١٥ سم وان يغطى الميل الخلفى للجسر اما بطبقة حمايـــة من الاحجار بسمك ١٥-٢٠سم او بنفس غطاء الميل الامامى مع مراعاة ان يمتـــد الغطاءان الامامى والخلفى تحت منسوب قاع المجرى المائى لمسافة كافية. كذلـــك يكون هذا النوع من المعابر الايرلندية مزودا ببربخ مع مراعـــاة ان يكـــون هـــذا



شكل (٣-٥) : المعابر الايرلندية

البربخ مائلا فى نفس اتجاه سريان المياه ويصمم هـــذا الـــبربخ ليمـــرر متوســـط التصرف اليومى للمجرى المائى.

ويجب مراعاة عدم حدوث نحر خلف الجسر والبربخ باتخاذ الاحتياطات المناســـبة مثل وضع طبقات حماية من الاحجار او التدبيش او غيرها.

٣-٢-١٢ : الكبارى

يمكن امرار مياه السيول عند تقاطع المجارى المائية الطبيعية (الوديان) مع الطرق اما من خلال بربخ أسفل الطرق أو تحويل الطرق الى كبارى عند تقاطعـــها مـــع المجارى المائية. وأختيار أحد الحلين البربخ أو الكوبرى يعتمد على عدة عوامـــل اهمها التكلفة المتوقعة عند الانشاء وتكلفة الصيانة وكذلك حجم الخسائر والمخاطرة التى تصاحب كل حل. ويعتمد التصميم الهيدروليكى للكبارى على عـــدة عنـــاصر هى:

١- خصائص المجرى المائى عند موقع التقـــاطع وامامـــه مـــن حيـــث الشـــكل والانحراف والتخطيط.

٢ - موقع الكوبرى وطوله وانحرافه عن محور المجرى المائى.

٣- عرض فتحات الكوبرى وموقع وتصميم البغال والاكتاف.

٤- تصميم القواعد ونوعها ونوعية التربة وخصائصها.

٥- المنشأ العلوى من حيث المناسيب والابعاد والتخطيط.

ونتيجة لذلك فان التصميم الهيدروليكى للكبارى يعد من الامور التى تحتـــاج الـــى اجراء دراسات خاصة دقيقة مما يجعلها خارج نطاق هذا الكود.

٣-٣ : الصرف الجوفى

ان التغير فى كمية الرطوبة بالتربة يكون بسبب تذبذب ســـطح الميـــاه الارضيـــة وتسرب مياه الامطار وحركة المياه الارضية بالخاصيه الشعرية او التبخر. وفـــى حالة استخدام الصرف المغطى فان التغير فى نسبة الرطوبة بالتربة يبقى فى حدود

البربخ مائلا فى نفس اتجاه سريان المياه ويصمم هـذا البربخ ليمرر متوسط التصرف اليومى للمجرى المائى.
ويجب مراعاة عدم حدوث نحر خلف الجسر والبربخ باتخاذ الاحتياطات المناسبة مثل وضع طبقات حماية من الاحجار او التدبيش او غيرها.

٣-٢-١٢ : الكبارى

يمكن امرار مياه السيول عند تقاطع المجارى المائية الطبيعية (الوديان) مع الطرق اما من خلال بربخ أسفل الطرق أو تحويل الطرق الى كبارى عند تقاطعها مع المجارى المائية. وأختيار أحد الحلين البربخ أو الكوبرى يعتمد على عدة عوامل اهمها التكلفة المتوقعة عند الانشاء وتكلفة الصيانة وكذلك حجم الخسائر والمخاطرة التى تصاحب كل حل. ويعتمد التصميم الهيدروليكى للكبارى على عدة عناصر هى:

١- خصائص المجرى المائى عند موقع التقاطع وامامه من حيث الشكل والانحراف والتخطيط.
٢ - موقع الكوبرى وطوله وانحرافه عن محور المجرى المائى.
٣- عرض فتحات الكوبرى وموقع وتصميم البغال والاكتاف.
٤- تصميم القواعد ونوعها ونوعية التربة وخصائصها.
٥- المنشأ العلوى من حيث المناسيب والابعاد والتخطيط.

ونتيجة لذلك فان التصميم الهيدروليكى للكبارى يعد من الامور التى تحتاج الى اجراء دراسات خاصة دقيقة مما يجعلها خارج نطاق هذا الكود.

٣-٣ : الصرف الجوفى

ان التغير فى كمية الرطوبة بالتربة يكون بسبب تذبذب سطح المياه الارضية وتسرب مياه الامطار وحركة المياه الارضية بالخاصيه الشعرية او التبخر. وفى حالة استخدام الصرف المغطى فان التغير فى نسبة الرطوبة بالتربة يبقى فى حدود

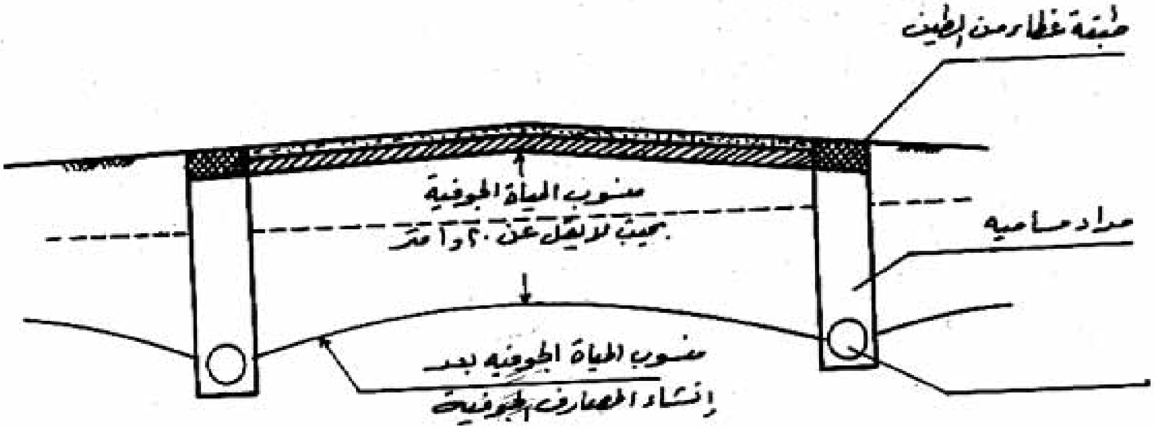
ضيقة جدا. ومع ذلك يتم صرف المياه الارضية المتحركة تحت نطاق الجاذبية الارضية فقط باستخدام المصارف المغطاه.

٣-٣-١ : خفض منسوب المياه الجوفية:

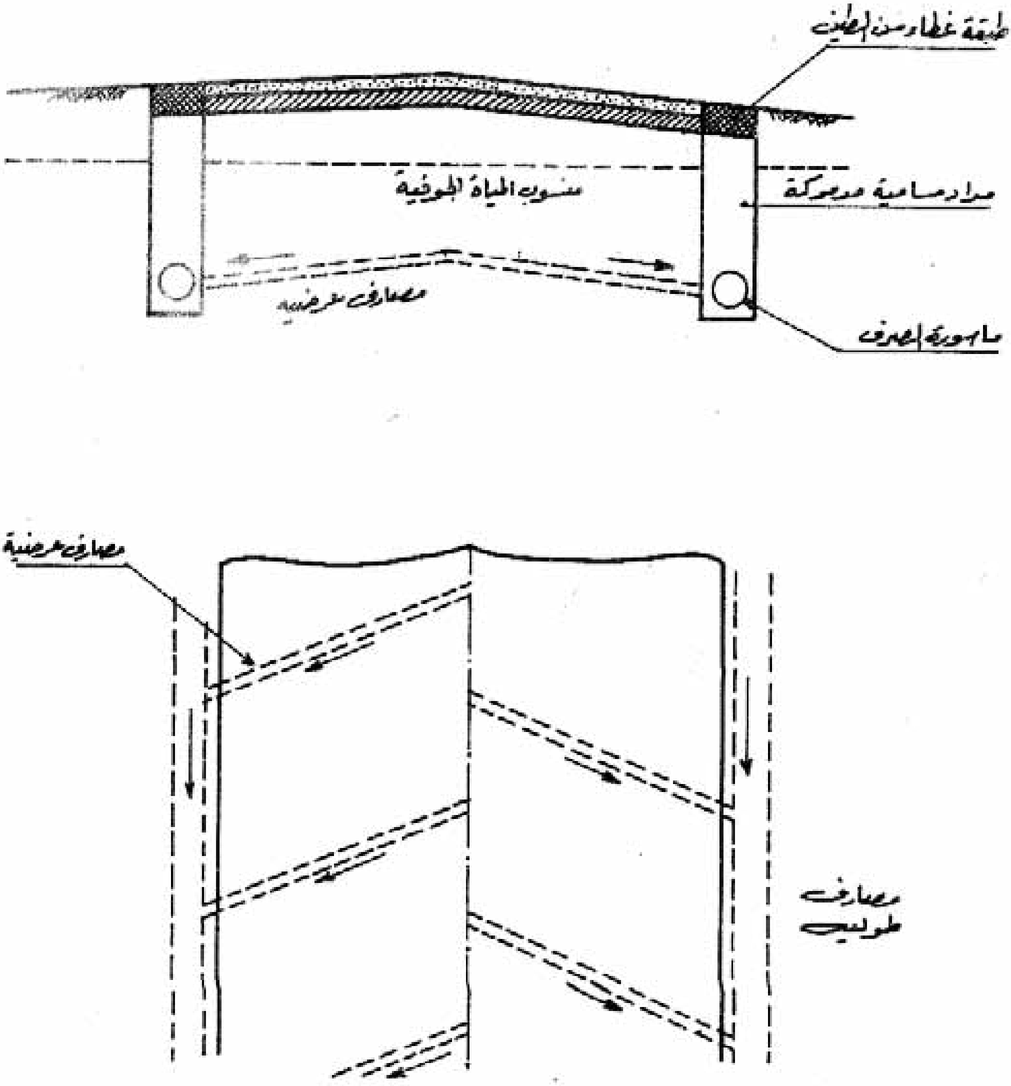
حتى لاتكون طبقات الرصف عرضه لزيادة الرطوبة بها فانه يجب خفض منسوب المياه الجوفية بحيث تكون اوطى من منسوب قطاع الرصف بمسافة مناسبة على الاقل ١,٠ متر. وفى المناطق التى تصل فيها المياه الارضية الى مستوى الارض الطبيعية يفضل عمل الطريق على جسر بارتفاع ١,٠ متر على الاقل. وعندما يقع قطاع الرصف قريبا من المياه الجوفية يجب خفض منسوب هذه المياه. واذا كانت منفذه للمياه يخفض منسوب المياه الجوفية بها بعمل مصارف حقلية طولية على هيئة حفر راسية حيث يوضع بداخلها انابيب ويتم تغطيتها بمرشح رملى. ويتوقف عمق المصرف الرأسى على العمق المطلوب لسطح المياه الارضية والمسافة بين المصارف المغطاه ونوع التربة. والشكل رقم (٣-٦) يوضح كيفية خفض منسوب المياه الجوفية حتى تكون على بعد مناسب من قطاع الرصف. اما اذا كانت التربة قليلة النفاذية فان منسوب المياه الجوفية فى المناطق بين المصارف المغطاه لن ينخفض بالدرجة المطلوبة ولذا تقام مصارف عرضية مغطاة لخفض منسوب المياه فى هذه المنطقة للمنسوب المطلوب. والشكل (٣-٧) يوضح شكل المصارف المغطاه الطولية والعرضية.

٣-٣-٢ : التحكم فى المياه المتسربه :

فى التربة الطبيعية المنحدره عرضيا مع وجود طبقات صماء داخل التربة ذات انحدار طبيعى جهة الطريق فان تسرب المياه وسريانها فى هذا الاتجاه محتمل بصورة كبيرة. واذا كانت المياه المتسربة تقع على عمق اقل من ٠,٦٠ مترا من قطاع الرصف وجب قطع سريانها بواسطة مصرف مغطى لخفض منسوب المياه الارضية للمنسوب المطلوب كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٨).



شكل (٣-٦) : خفض منسوب المياه الجوفية



شكل (٣-٧) : المصارف المغطاه الطولية والعرضية

عندما تصلها الرطوبة. وايضا تنشأ الاكتاف من مواد يمكن مرور المياه خلالها سريعا الى اسفل والى الخارج بدون ان تسبب اضرار للاكتاف او تتسرب الى سطح الجسر الترابى.

اذا كان الطريق فى قطاعات حفر فيتم جمع المياه من مسار الطريق والميول الجانبية فى قناة على جانب الطريق عادة ذات قطاع عرضى على شكل شبه منحرف او مثلث ويتم تحديد الابعاد والميل والخصائص الاخرى لهذه القناه حسب كمية المياه التى تستوعبها. ويجب اعطاء عناية خاصة عند تصريف هذه القنوات الجانبية لمياهها لمنع النحر عند بداية قطاعات الردم.

٣-٣-٣ : التحكم فى منسوب المياه الجوفية المرتفع

يمكن تخفيض منسوب المياه الجوفية المرتفع بواسطة انشاء نظام معين من المصارف ويراعى الحفاظ على منسوب المياه الجوفية بجعله على عمق لايقل عن ١,٣٠ متر من طبقة التاسيس كما هو فى شكل (٣-٨) وتتوقف المسافة بين المصارف واعماقها لتحقيق الصرف على ظروف التربة وعرض جسر الطريق.

٣-٣-٤ : تصميم مادة المرشح Design of filter Material

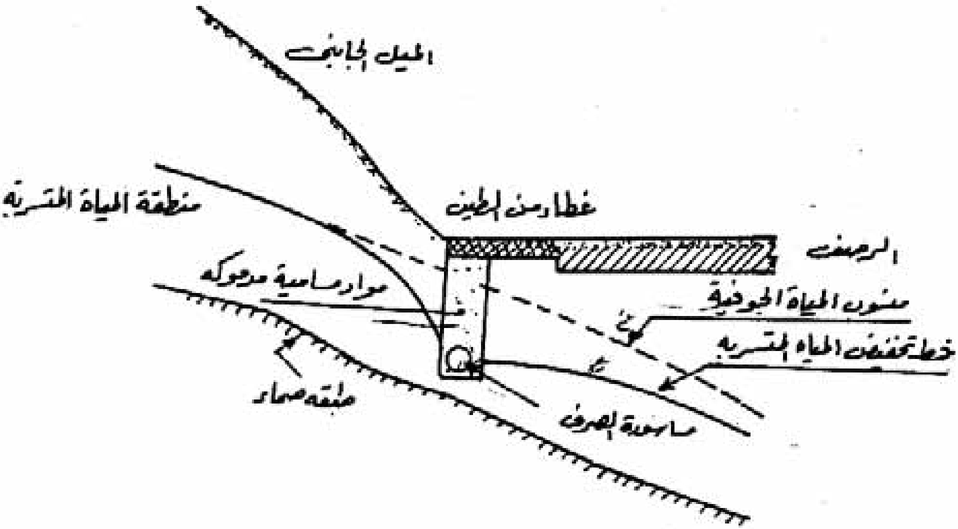
يجب تصميم مادة المرشح بحيث تكون منفذه للمياه بصورة لاتسبب مقاومة تذكر لسريان المياه خلالها ولمنع تكون فجوات انبوبية Piping وخطوات التصميم كمايلى ، شكل رقم (٣-٩).

١ -على محور نصف لوغاريتمى نرسم العلاقة بين حجم الحبيبات والنسبة المارة من المنخل المقابل للتربة المحيطة بين المصرفين.

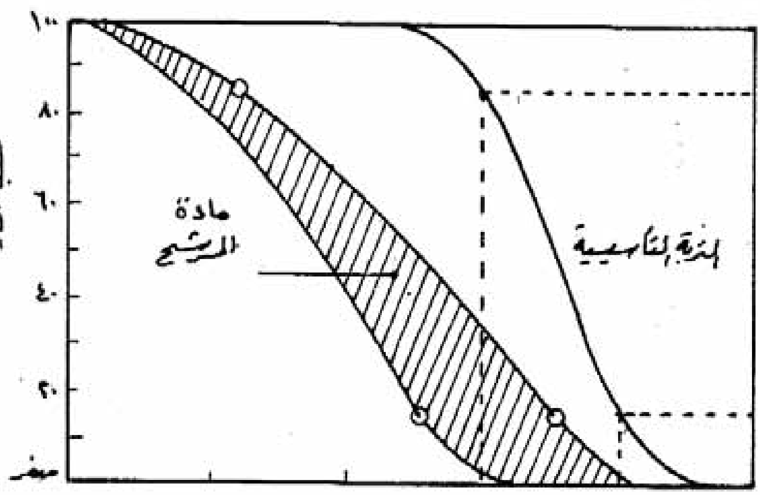
٢ - حدد نقطة D15 للمرشح لتفى بالشروط التالية D15 Filter / D15 of soil > 5

٣ - ولمنع تكون فجوات انبوبية يجب ان يتحقق الشرط التالى:

D15 Filter / D85 of soil < 5



شكل (٣-٨) : التحكم فى منسوب المياه الجوفية



شكل (٣-٩) : تصميم مادة المرشح

ثم نرسم نقطة تحدد الحد الاعلى لـ D15 للمرشح والمحدده من D85 للتربة المحيطة.

٤- تحدد نقطة على مادة المرشح تمثل D85 وضعف قطر الثقوب بالانبوبة المثقبة او ضعف المسافة المتروكه بين كل انبوبة واخرى D1 المساحة المهشرة تمثل حدود مادة المرشح التى يمكن اختيارها ، وعموما يعتبر الرمل افضل مادة للمرشحات وفى حالة تعذر الحصول عليه يستخدم مرشح متدرج من كسر الحجارة. ويجب دمك مادة المرشح حول الانبوبة بحذر على ان تكون الثقوب متجهه الى اسفل.

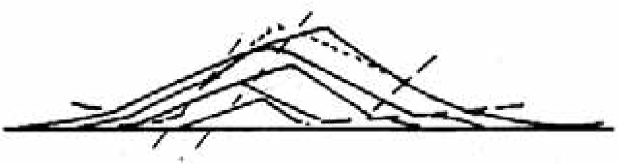
الباب الرابع

الكثبان الرملية وسفى الرمال

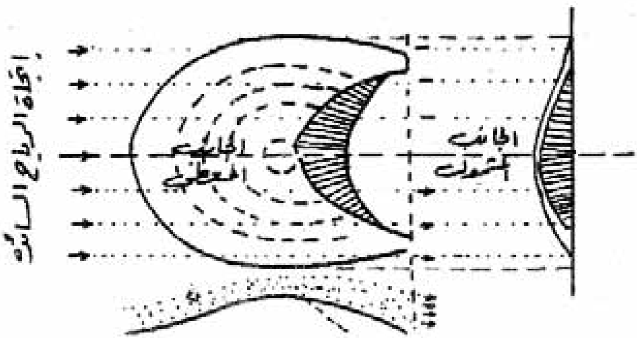
مقدمة :

ان التحدى الذى يفرضة زحف الصحراء وهجرتها الدائمة يتحتم مواجهاتها من خلال رصد حركتها. والتفهم العميق لاسباب وقوانين هذه الحركة للسيطرة عليها من خلال تخطيط وتشكيل التجمعات العمرانية فى الصحراء. وتشكل ارسابات الرمال وانماط حركتها المتعددة، اشكال(٤-١)، (٤-٢) محددا متناهى الاهمية فى اختيار موقع وتخطيط الطرق الصحراوية، وتكتسب هذه الظاهرة اهمية بالغة بالنسبة للمواقع المختارة فى القطاع الاوسط والشمالى من صحراء مصر الغربية ، واجزاء من الحافة الشمالية للصحراء الشرقية ، وسهول سيناء الشمالية ، لانها تمثل مناطق العمران المتوقعة فى العشرين سنة القادمة والمتوقع انشاء الطرق بها. ويشكل زحف الصحراء المتمثلة فى حركة رمالها الدائبة وما يصاحبها من عمليات نحت وترسيب(تقدر عملية سفى الرمال للاراضى الزراعية فى مصر شهريا بحوالى ٧٠ طنا لكل ٢,٦ كيلو متر مربع) تهديدا مباشرا او غير مباشر لبيئة الانسان الزراعية والعمرانية على السواء وتنعكس آثاره فى سفى الرمال وزحفها المستمر على الطرق والاراضى الزراعية، وردمها للطرق والمبانى وتلويثها للجو ، ممايؤدى فى النهاية الى تدهور فى الانظمة البيئية (التصحر)، وخلق ظروف غير ملائمة لسكنى الانسان ونشاطه.

وتفتقر الدراسات العلمية الى ابحاث تطبيقية متكاملة فى معالجة هذه الموضوعات، حيث ان معظم الدراسات المنشورة تشكل القواعد النظرية التى تتعلق بافتراضات عن تكوين الرمال، وعن خصائص حركتها ، مع غياب يكاد يكون تاما لتأثير هذه الظاهرة على تخطيط الطرق فى المناطق الصحراوية. والملاحظ فى هذا الرصيد الكبير من الدراسات انها جاءت دائما من وجهة نظر الجيومورفولوجى، اوالجغرافيا، او العلوم الطبيعية، وعلى اساس دراسات معملية غالبا، بينما لم تدرس هذه الظاهرة من منظور تخطيط المدن والتشكيلات العمرانية.

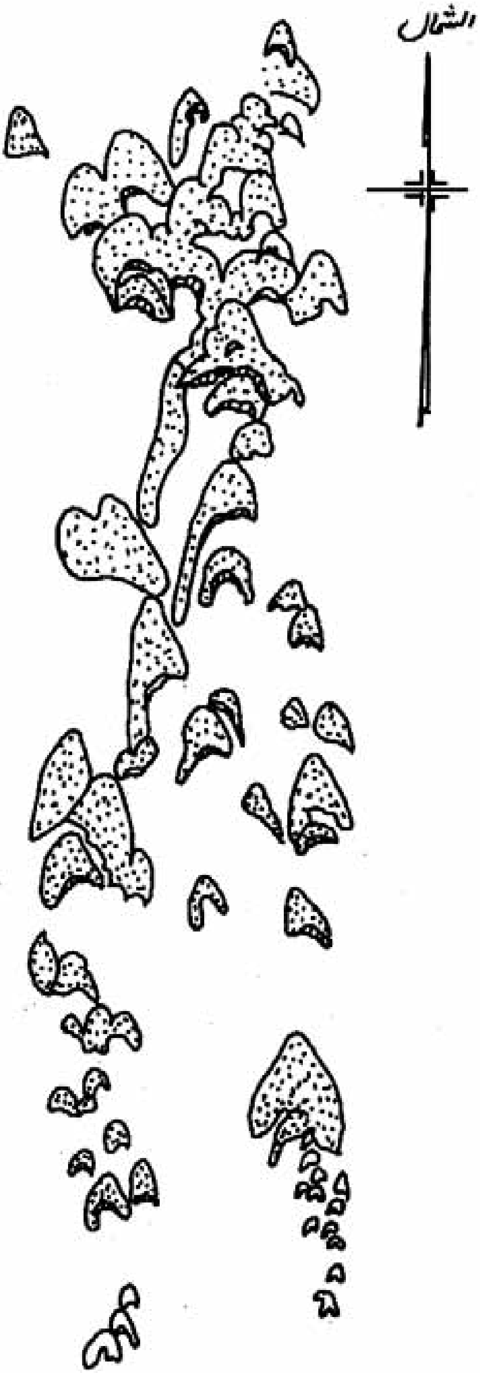


غرد من نوع ظهر الحوت



غرد برخاني هلالي

شكل (٤-١) : انماط تشكيلات الرمال



شكل (٤-٢) : غرد ظهر الحوت والبرخان

وتعطينا تشكيلات وانماط الارساب حول العوائق الطبيعية والصناعية المنتشرة على صفحة الصحراء مادة غنية تمكن عن طريق الملاحظة الدقيقة والتحليل العلمى من القاء الضوء على طبيعة هذه العمليات بصورة واقعية ، كما ان تجربة التجمعات العمرانية المحلية التى بناها الانسان ابان كفاحه المستمر ضد الصحراء فى قرى الواحات والقرى النوبية، والتى شكلتها الخبرة المتجمعة لاجيال عاشت هذه المشكلة وحاولت حلها عن طريق التجربة والخطأ، تشكل مصدرا ثريا لاستنباط القواعد العامة لحلها، وكذا التفهم الدقيق للمشكلة بهدف مراعاة ذلك اثناء التخطيط والتنفيذ لاعمال الطرق . ويجب عند وضع استراتيجية شاملة لحل المشاكل المتعلقة بسفى الرمال وحركة الكثبان الرملية معالجة المواضيع الاتية :

- مصادر الرمال وتوزيعاتها فى جمهورية مصر العربية .
- تأثير نظام الرياح على حركة الرمال المحتملة.
- الخصائص الفيزيقية والميكانيكية لحركة الرمال وترسيباتها.
- التخطيط العام للطرق والوقاية من سفى الرمال وحركة الكثبان الرملية.

٤-١ مصادر الرمال وتوزيعاتها فى جمهورية مصر العربية

تشكل ترسيبات الرمال مظهرا شائعا للقطاع الشمالى والاوسط من الصحراء الغربية واجزاء من الحافة الشمالية للصحراء الشرقية وشمال شبه جزيرة سيناء اوجدتها الخصائص الجيومورفولوجية والنظام الخاص للرياح وما تخلفه من عمليات نحت وترسيب. وتغطى الترسيبات الرملية حوالى ٦١% من مساحة جمهورية مصر العربية ويقع ٩٠%من هذا الترسيبات فى الصحراء الغربية التى تتميز بالجفاف الشديد. ويتركز الرمل اساسا فى قلب الصحراء الغربية الداخلى على حدود مصر الغربية فيما يسمى ببحر الرمال الاعظم الذى يمتد غرب واحة سيوة عند خط عرض٢٩ درجة شمالا، وعلى امتداد٥٠٠ كيلو متر الى الجنوب، وبعرض ٢٢٠ كيلو مترا من منخفض واحة سيوة متجها نحو الغرب، ويعتبر اكبر تجمع رملى فى العالم. ويمكن النظر الى توزيعات الرمال فى الصحراء الغربية

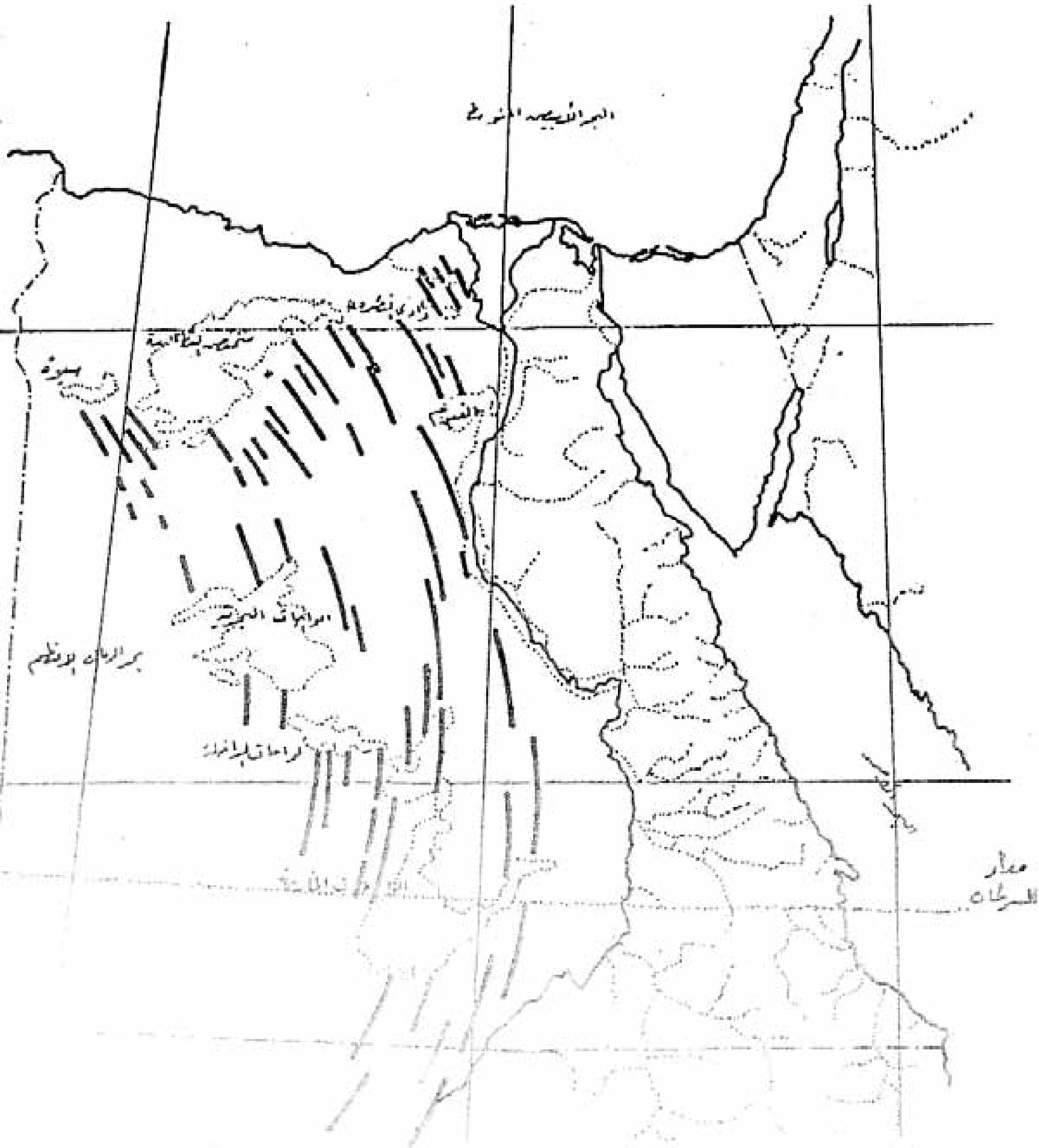
برمتها كنظام رملى حقلى نصف دائرى يبدأ من الحافة الجنوبية للهضبةعند خط المنخفضات الشمالية(وادى النطرون – منخفض القطارة – واحة سيوه) بحيث تكون نواته ومركزه بحر الرمال الاعظم ، ثم يتخلخل ويضعف تركيزه كلما بعدنا عن هذه النواة فى اتجاه الاطراف الى ان يتلاشى نهائيا شرق وادى النيل الامن الترسيبات القديمة فى صحراء مصر الشرقية (عند الخانكة وفى محافظة الشرقية).

ويلاحظ ان عناصر هذه الصحراء الرملية ثابته اقليما مع بعض التغيرات المظهرية فى شكل سطحها ، شكل رقم (٤-٣). وقد اظهرت صور القمر الصناعى لاندسات ، شكل رقم (٤-٤) كثبانا على شكل اشرطة فردية ذات لون فاتح على ارضية الصحراء الداكنة. وهذه الكثبان هى من النوع السيفى ذات اطراف هلالية، ويبلغ طول بعضها بالنسبة للقطاع الشمالى للصحراء ٢٣كم وارتفاعها ستة امتار، بينما يصل طول بعضها فى القطاع الاوسط الى ٣٠٠ كيلو متر كما فى مجموعة ابو المحاريق. هذه الكثبان التى يمكن اعتبارها فى مرحلة الطفولة والتى يطلق عليها احيانا اسم (ظهور الحيتان)، وتتحرك فى اتجاه شرقى بزاوية قدرها ٣٢/٣٠ شرق الجنوب فى القطاع الشمالى للصحراء فى عروض الدلتا والقاهرة والفيوم، وفى اتجاه يكاد يكون جنوبيا تماما فى العروض الوسطى عند اسيوط وقنا والخارجة، واتجاه جنوب غرب فى القطاع الجنوبى عند حدود السودان.

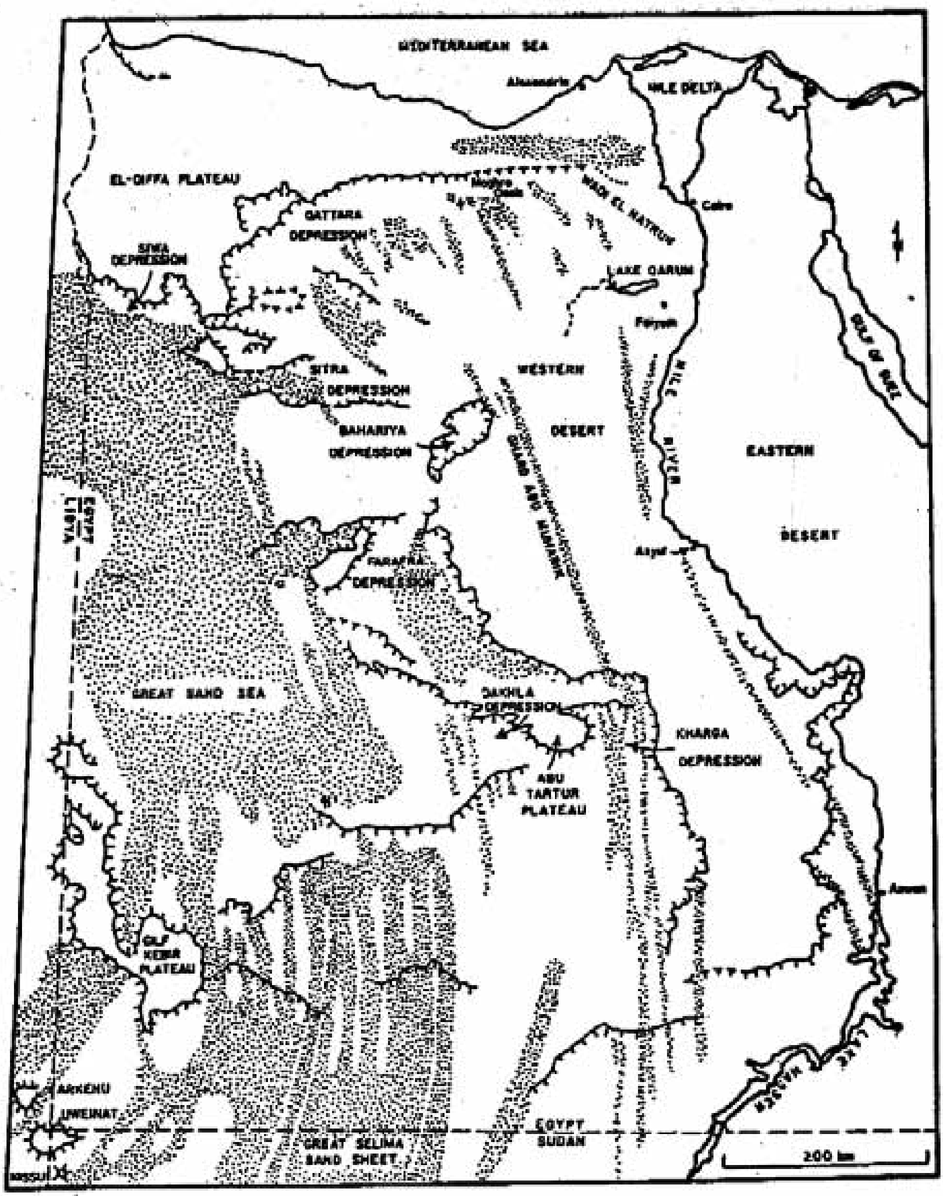
كما اظهرت صور(ابولو- سيوز) اشرطة عريضة من الطبقات الرملية الرقيقة فى القطاع الشمالى من الصحراء غرب الدلتا وتنتشر هذه الارسابات الرملية غالبا فى اتجاهات شرقية من حواف الكثبان الرملية الطولية السابقة. والظاهر انها تتكون نتيجة لهبوب رياح فرعية من الغرب والجنوب الغربى محدثه العواصف الرملية: وعندما تنحسر هذه العواصف ترسب حبات الرمال على شكل طبقات رقيقة.

٤-٢ تأثير نظام الرياح على حركة الرمال المحتملة

تتأثر المواقع الرملية باتجاهات الرياح السائدة وبسرعتها. والعلاقة بين الرياح والرمال ليست علاقة توزيع وتوجيه فحسب، بل علاقة تشكيل وترسيبات ايضا.



شكل (٤-٣) : حركة الغرود العامة فى الصحراء الغربية



شكل (٤-٤) : توزيعات الرمال وحركة الغرود المأخوذة من القمر الصناعى لمنطقة الصحراء الغربية

بدراسة نظام الرياح فى الموقع يمكن ايجاد قيمة السرعة الحرجة(حيث تصبح قوة دفع الى اعلى مساوية او اكبر من سرعة التساقط للحجم المتوسط لحبيبات الرمال على الطريق).وقد استنتج باجنولد قيمة هذه السرعة الحرجة للحالـــة الاســـتاتيكية لرمال على سطح الارض وذلك بناء على عديد من التجارب المعمليـــة والحقليـــة لتساوى:

$$V_* = A\left[\frac{P_p - P}{P} gd\right]^{1/2}$$

حيث:

V_* = السرعة الحرجة

A– ثابت (يستنتج من التجارب الحقلية)

P– كثافة الهواء

P_p = كثافة حبيبات الرمل

g=عجلة الجاذبية الارضية

d= قطر حبيبات الرمل

وقد تم بواسطة هذه المعادلة حساب السرعة الحرجة للحالة الاســـتاتيكية للرمـــال المتوسطة(قطر الحبيبات ٠,٢٥ مم ووجد ان قيمتها تســـاوى ٠,٢٢مـــتر/ثانيـــة . وبمجرد ان تبدا الحركة تنخفض السرعة الحرجة لتبلغ ٠,١٩متر/ثانية لنفس نـــوع الرمال ويطلق على هذه السرعة: السرعة الحرجة للحالة الديناميكية . ولما كـــانت اجهزة قياس سرعة الرياح تقيس هذه السرعة على ارتفاع حوالى ١٠امتـــار عـــن سطح الارض فقد تم حساب السرعة الحرجة على هذا الارتفاع ووجد انها تســـاوى تقريبا ٤,٦متر/ثانية للرمال المتوسطة. وهذا يعنى ان اى سرعة مقاســـة للريـــاح تتعدى هذه القيمة سوف تسبب حركة للرمال المتوسطة.

٤-٣ الخصائص الفيزيقية والميكانيكية لحركة الرمال وترسيباتها

تتوقف طبيعة حركة الرمال وتراكمها على حجم ووزن حبيبات المادة المتحركة، وسرعة الهواء واتجاهاته السائدة ، وطبيعة السطح التى تتحرك عليه ، وكذلك شكل العوائق الطبيعية وخصائصها الايروديناميكية.

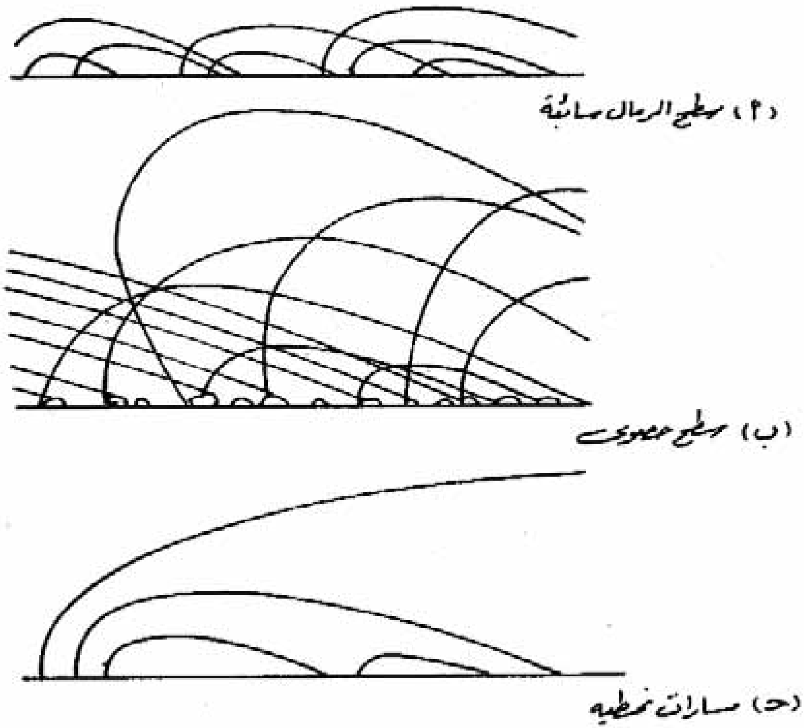
اولا : حجم الحبيبات

حددت الدراسات القيم الحدية لحجم الحبيبات التى تفصل بين الاتربة المثارة والرمال المتحركة بانها الحجم الذى تكون فيه سرعة التساقط اقل من سرعة تيار الهواء الصاعد الى اعلى فى الرياح العادية (غير الدوامية). وتمثل الحبيبات ذات الاقطار اقل من ٢٠٠ ميكرون القطر الحدى الذى يفصل بين هذين النوعين من الحركة. فالحبيبات اكبر من هذا القطر تميل الى الدحرجه على سطح الارض فى حركة قفز لايزيد ارتفاعها عن متر واحد من سطح الأرض ، شكل رقم (٤-٥) اما الحبيبات الاصغر من هذا الحجم فانها تتعلق بالهواء الى ارتفاعات كبيرة تصل الى ٥٠٠متر فوق سطح الارض، مكونه مايسمى بالشبورة الترابية.

ويمكن تمييز شكلين من الحركة الانسيابية للهواء المحمل بالرمال:

بالنسبة للهواء المحمل بالرمال الدقيقة التى تقل احجام حبيباتها عن ٢٠٠ميكرون فانه يتبع فى حركته القواعد الايروديناميكية لخليط ذى كثافة اكبر مرتين او ثلاثة من كثافة الهواء، وغالبا ماتدور هذه الحبيبات حول الاجسام التى تعترض مساراتها متتابعة الخطوط ذات المقاومة الاقل وفقا للخصائص الايرودويناميكية لكتلة العائق.

بالنسبة للحبيبات الاكبر من هذا الحجم(٢٠٠ميكرون) فانها تتحرك مع حركة الهواء السطحية فى قفزات متتالية ذات قطاع محدد، مصطدمة بغيرها من الحبيبات والاجسام التى تعترض مسارها وتترسب وفقا لذلك على الاسطح الطبيعية بنظام خاص وزاوية يحددها الاحتكاك الداخلى بين الحبيبات واتجاه سطح الترسيب فى مواجهه الرياح او فى ظلها. وهذا النوع من الحركة هو الذى يؤثر على تشكيلات



شكل (٤-٥) : مسارات حبيبات الرمال أثناء القفز فوق الاسطح

ترسيبات الرمال حول العوائق الطبيعية والصناعية، كما يؤثر على تآكل المنشآت والمبانى والطرق والترسيبات على الطرق.

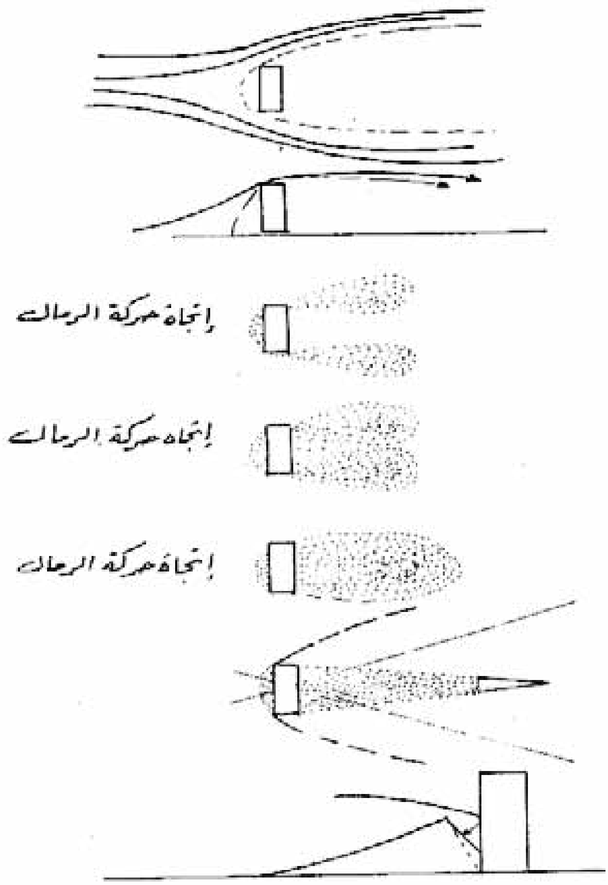
ثانيا : طبيعة السطح الذى تتحرك عليه الرمال

تميل حبيبات الرمال ذات الاحجام الكبيرة (١مم) الى الحركة الافقية النافذة فوق الاسطح الصلبة بما يشبه حركة كرة البنج بونج، وتكون هذه الظاهرة اوضح مايمكن على الاسطح الصلبه مثل ارضية الطريق او الارض الحجرية او الزلطية، ولاتميل الرمال فى هذه الى الترسب الا اذا اعترضها عائق طبيعي او صناعى ، اما فى حالة الارض او الاسطح المغطاه بطبقة من الرمال مثل قيعان المنخفضات الارضية، فان هذا القفز يؤدى الى سلسلة من التصادمات بين الحبيبات الحرة ينتج عنه فى النهاية بالاشتراك مع الرياح حركة ثعبانية تتبع فى اتجاهها الرئيسى اتجاه الرياح المحركة لها.

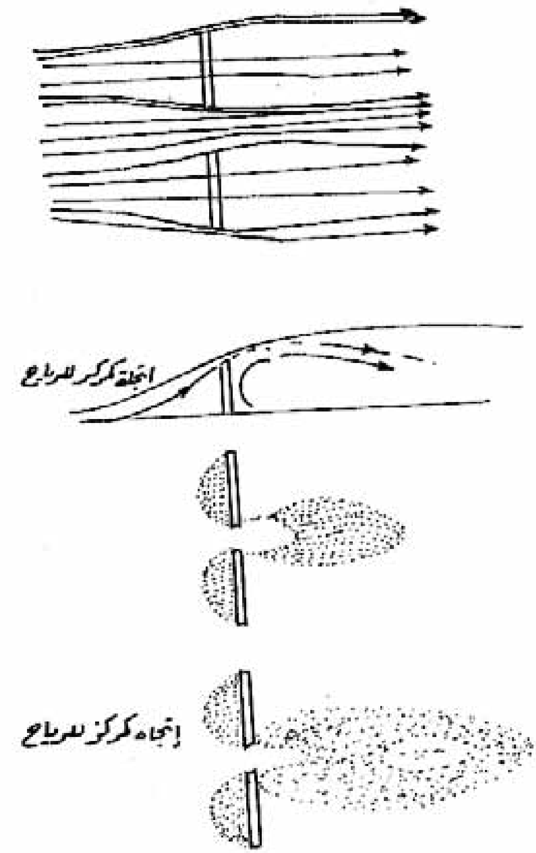
ثالثا : شكل العوائق الطبيعية والصناعية وخصائصها الايردوديناميكية

بملاحظة تشكيلات الرمال وتوزيعاتها حول العوائق الطبيعية مثل التلال والشعاب الصحروية ، شكلى (٤-٦)، (٤-٧) يمكن ملاحظة الاتى:

- عدم تراكم الرمال باية صورة من الصور على الاراضى المستوية الصلبة فى حالة عدم وجود عوائق طبيعية . وقد لوحظ فى المناطق التى يمر بها الطريق المباشر على سطح الارض وبدون وجود جسر عدم تراكم الرمال فوق الطريق حتى فى اشد المناطق تعرضا لسفى الرمال. ولاتظهر تراكمات الرمال على الطرق الاعند وجود عوائق طبيعية حول الطريق مثل التلال او النبات.
- تميل الرمال الى ملء تجاويف الارض والمقعرات التى تعترض مساراتها فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة الرمال.
- عند تعرض عائق مبلى (جسر او مبنى) لاتجاه حركة الرمال السافية او الرمال المتحركة فان الرمال تتراكم وفقا للخصائص الايروديناميكية لحركة الهواء وتبعا



شكل (٤-٦) : أشكال ارسابات الرمال حول العوائق المبنية



شكل (٤-٧) : تأثير الفتحات فى الحواجز الرأسية على تشكيلات الرمال حولها .

لارتفاع العائق وزاوية ميله الرئيسية. فبالنسبة لجسور الطرق لوحظ تراكم الرمال على الجزء السفلى المواجه للرياح المحملة بالرمال بارتفاع من ٢-٣ امتار، ولمسافة تحددها زاوية احتكاك الرمال والحركة الانسيابية للهواء، بينما يبقى الجزء العلوى من الجسر مغطى بالرمال على شكل قبة بارتفاع ١,٥٠ متر تحددها الموجه الايروديناميكية لعبور العائق. وتتراكم الرمال بشكل رئيسى وكثيف فى الجهه المشمولة (Leeword) من العائق فى منطقة ظل الرياح بكامل الارتفاع وبسمك متزايد قد يؤدى فى النهاية الى حدوث البدايات الاولى لغرد متحرك اذا توافر المصدر المستمر للرمال. وتأخذ اسطح الرمال فى هذه الناحية المشمولة زاوية بين ٣٠و٣٤ عن الافقى.

- فى حالة وجود عوائق ذات اسطح راسية(مبانى) فان تراكمات الرمال تتبع فى توزيعها حول العائق اشكال حركة تيارات الهواء حول الاسطح المختلفة، وتوزيع مناطق الظل والحركة الايروديناميكية ودوامات الهواء بحيث تبقى الرمال متراكمة على مسافة من السطح الراسى للعائق فى الجهه المواجهه للرياح ، بينما تتراكم خلف العائق فى ظل الرياح وفق شكل رقم(٤-٦).
- عند وجود مجموعة من المبانى او العوائق الطبيعية الرئيسية على مسافات ضيقة بين العائق والآخر فان هذه المسافات الفاصلة والتى تكون بين العوائق لاتتراكم فيها الرمال حيث يعمل نفق الهواء المكون بين المبانى على زيادة سرعة تيار الهواء فى هذه المسافات وكسح الرمال بحيث تبقى هذه المسافات خالية من اى اشكال من الرمال المترسبة.

٤-٤ التخطيط العام للطرق والوقاية من سفى الرمال وحركة الكثبان الرملية

١ - يفضل ان تكون اتجاهات محاور الطرق المنشأة بالمناطق الصحروية فى اتجاه شمال جنوب كلما امكن ذلك وتفادى ان تكون اتجاهاتها شرق غرب بقدر المستطاع حتى يمكن تفادى الاتجاه الاعظم لسفى الرمال.

٢ – يفضل ان يكون منسوب سطح رصف الطريق اعلى من مناسيب التباب المحيطة بالطريق ما امكن ذلك .

٣ – يفضل اختيار محاور الطرق بحيث تمر بقمم الكثبان الرملية ما امكن ذلك.

٤ – فى حالة وجود جسر فى منطقة كثبان رملية اوسفى رمال يفضل ان يتراوح ارتفاع الجسر بين ٢ متر الى ٦متر

٥ – يجب ان لاتقل الميول الجانبية للطريق عن ١:٤ الى ١:٥ ويفضل ان تكون اكبر من هذا.

٦ –توضح الاشكال ارقام (٤–٨)،(٤–٩)،(٤–١٠) متطلبات حماية الطرق لحالات الجسر بجوار الكثبان الرمليه والقطع بجوار الكثبان الرملية والقطع فى الكثبان الرملية على التوالى.

٧ – تفادى وجود زوايا حادة بالقطاع الطولى للطريق ما امكن ذلك وتكون القطاعات منحنية وانسيابية كلما امكن ذلك.

٨ – انشاء مصايد للرمال على جانبى الطريق طبقا لما يراه المصمم وتطهيرها دوريا.

٩ – تثبيت الكثبان الرملية باتباع احدى الوسائل الاتيه حسب الاصول الفنية والتكلفة الاقتصادية :

أ – استزراع النباتات الملائمة لمقاومة الرمال والرياح فى الصحراء بشرط توافر مصدر مياه للرى.

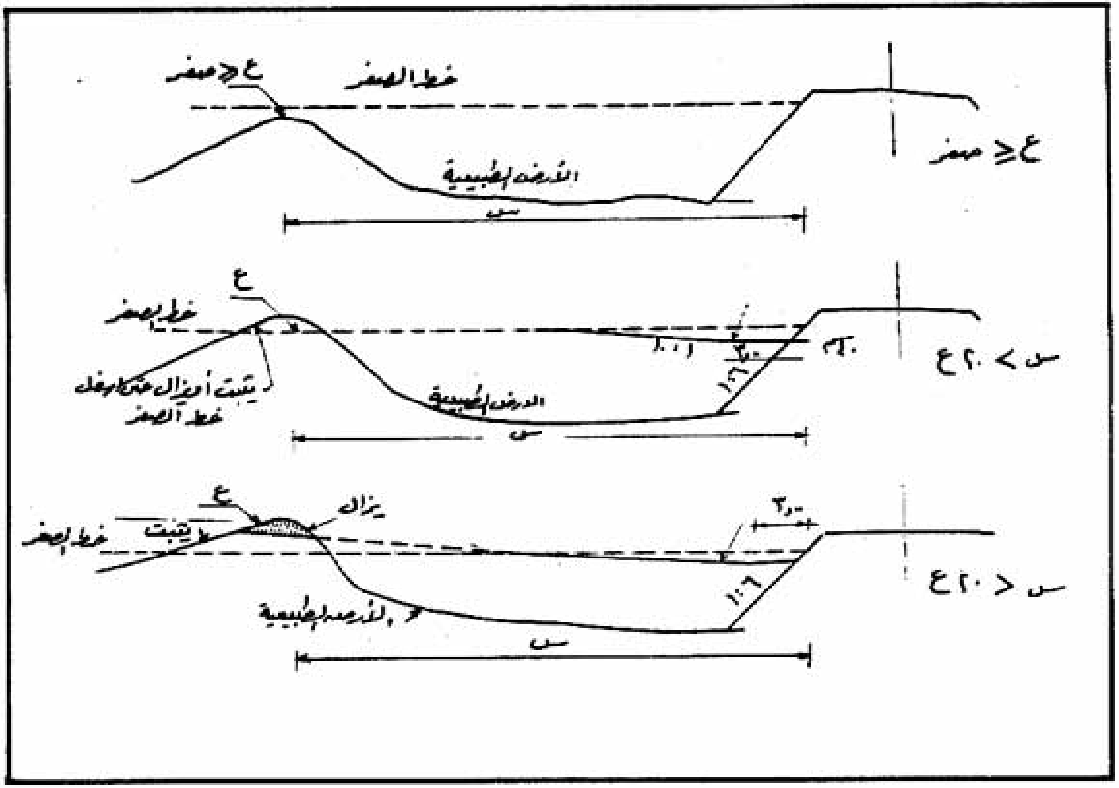
ب – الرش بالمياه او بالمستحضرات الكيماوية بتركيزات مناسبة.

ج – تغطية الكثبان بغطاءات من الحصى الخشن.

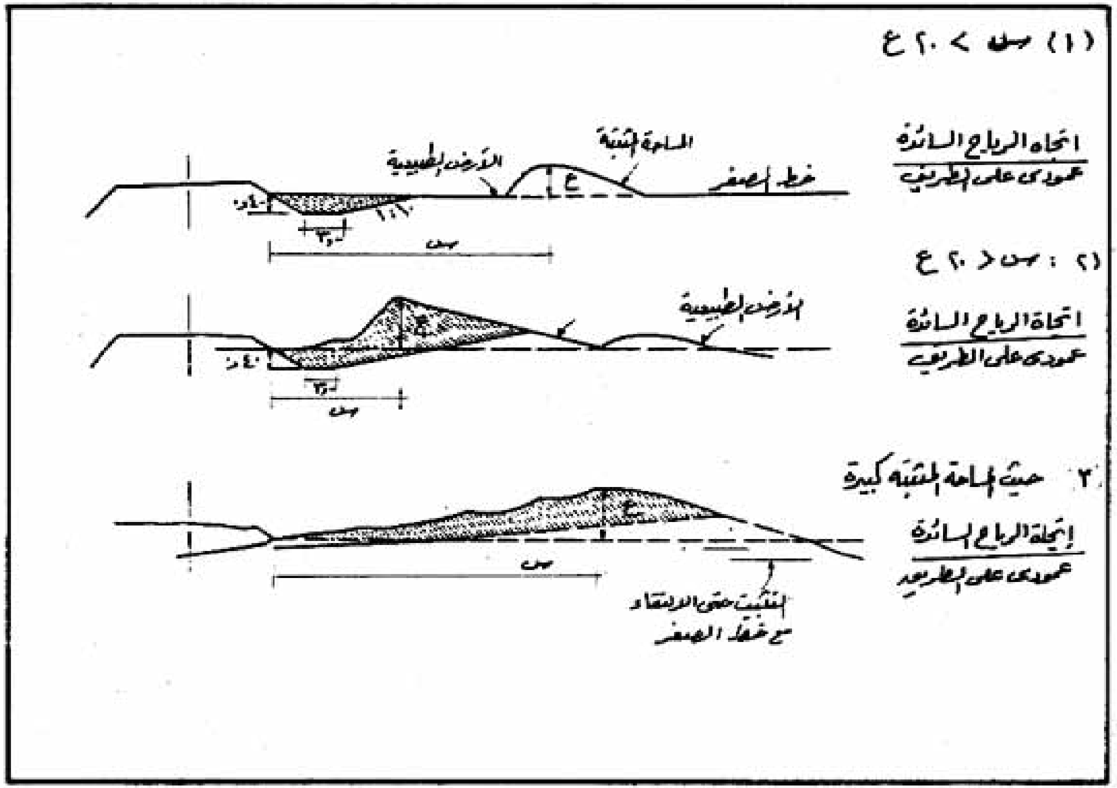
د – تهذيب الميول الحادة للكثبان الرملية بالطرق الميكانيكية.

١٠ – اقامة سدود او حواجز مبنية عمودية على اتجاه الرياح السافية على مسافات مناسبة من الطريق.

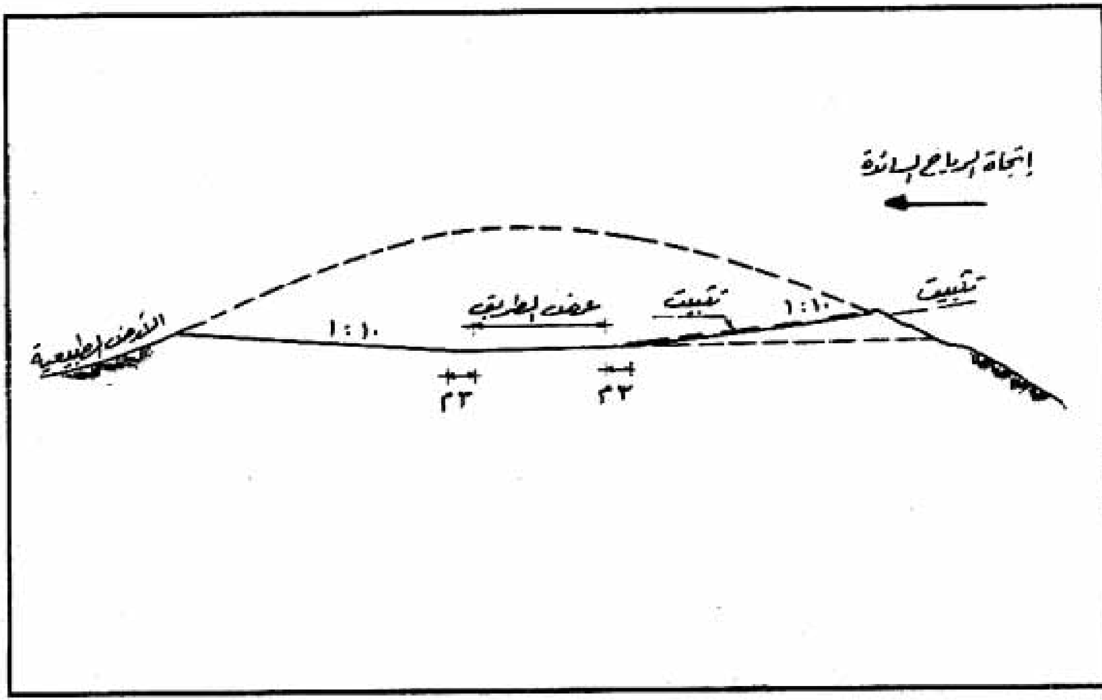
١١ – الاهتمام بالصيانة الدورية.



شكل (٤-٨) : متطلبات الحماية للجسر بجوار الكثبان الرملية



شكل (٤-٩) : متطلبات الحماية للقطع بجوار الكثبان الرملية



شكل (٤-١٠) : القطع فى الكثبان الرملية

المصطلحات العلمية
لجنة الصرف السطحى والجوفى ووقاية الطرق
من سفى الرمال وزحف الكثبان الرملية

Morphological Characteristics	الخصائص المورفولوجية
Geometric Hydraulic Depth	العمق الهيدروليكى الجيومترى
Valley	الوادى
Order	رتبة الفرع
Sorting Coefficient	معامل التصنيف
Rational Method	الطريقة المنطقية
Time of concentration	زمن التركيز
Kirpich Equation	معادلة كيربش
Runoff Coefficient	معامل الجريان السطحى
Stream Ordering	تقسيم افرع الوديان
Strahlar's Stream Ordering	طريقة سترالز لرتب افرع الوديان
Bifuncation Ratio	معامل التفرع
Area Ratio	معامل المساحة
Length Ratio	معامل الطول
Hydrologic Cycle	الدورة المائية
Infiltration	التسرب
Total Rain	المطر الكلى
Excess Rain	المطر الزائد
Volume of Runoff	حجم السيل
Surface Runoff	الجريان السطحى

Rainfall intensity	كثافة الامطار
Peak Runoff flow	اقصى معدل للجريان السطحى
Duration Time	مدة سقوط الامطار
Return Period	دورة العودة للامطار
Rainfall Distribution	توزيع الامطار
Main Stream Length	مجرى الوادى الرئيسى
Catchment Slope	ميل حوض الوادى
Catchment Shape	شكل الحوض
Soil plant cover	الغطاء النباتى
Soil Conservation Service Method	خدمة المحافظة على التربة
Road Drainage	صرف الطريق
Pavement Surface	سطح الرصف
Shoulder	طبان (كتف)
Median Areas	الجزر الوسطى
Drainage Ditch	قناة التصريف
Free Board	سطح حر
Manning Equation	معادلة ماننج
Hydraulic Radius	القطر الهيدروليكى
Curb	بردورة
Gutter	بالوعة صرف مياه الامطار
Culvert	بربخ
Pipe Culvert	بربخ مواسير
Irish Crossings	المعابر الايرلندية
Subsurface drainage	الصرف الجوفى
Filter Material	مادة المرشح

Filter	مرشح
Precipitation	التساقطات(اق لامطار)
Wind Speed	سرعة الرياح
Wind Rose	وردة الرياح
Sand storme	عاصفة رملية
Fog	ضباب
Subtropical	المنطقة تحت المدرية
Sand Dune	كثب رملى

بيان باسماء المحطات المستخدمة

رقم المحطة الدولى	اسم المحطة	خط العرض شمالا 0 /	خط الطول شرقا 0 /	الارتفاع بالمتر	العناصر المقاسة @ ١	٢	٣	٤	٥	٦
٣٠٠	السلوم	٣١ ٣٢	٢٥ ١١	٤,٠٠	•	•	•	•		•
٣٠١	سيدى برانى$	٣١ ٣٧	٢٥ ٥٤	٢٣,٧١	•	•	•	•	•	
٣٠٦	مرسى مطروح	٣١ ٢٠	٢٧ ١٣	٢٥,٠٠	•	•	•	•	•	•
٣٠٨	رأس الحكمة	٣١ ١٤	٢٧ ٥٢	٩١,٣٤	•	•	•	•		
٣٠٩	الضبعة	٣٠ ٥٦	٢٨ ٢٨	١٧,٠٠	•	•	•	•	•	•
٣١٦	النخيلة	٣١ ٠٨	٢٩ ٤٨	٢,٥٣	•	•	•	•		
٣١٨	الاسكندرية(م.النزهه)	٣١ ١٢	٢٩ ٥٧	١,٧٨-	•	•	•	•	•	•
٣٢٤	رشيد	٣١ ٢٣	٣٠ ٢٤	١,٧٠	•	•	•	•		
٣٢٥	بلطيم	٣١ ٣٣	٣١ ٠٦	١,٠٠	•	•	•	•		
٣٣٠	دمياط	٣١ ٢٥	٣١ ٤٩	١,٩٨	•	•	•	•	•	•
٣٣٢	بور سعيد	٣١ ١٧	٣٢ ١٤	٠,٨٠	•	•	•	•	•	
٣٣٧	العريش	٣١ ٠٥	٣٣ ٤٩	٣٠,٥٧	•	•	•	•		•
٣٣٩	دمنهور	٣١ ٢	٣٠ ٢٨	٢,٣٨	•	•	•	•		
٣٤٢	جناكليس	٣٠ ٤٩	٣٠ ١٢	٨,١١	•	•	•	•		
٣٤٣	المنصورة	٣١ ٠٠	٣١ ٢٧	٤,٢٥	•	•	•	•	•	
٣٤٥	التحرير الزراعية$	٣٠ ٣٩	٣٠ ٤٢	١٥,٦٠	•	•	•	•	•	
٣٤٩	طنطا	٣٠ ٤٩	٣١ ٠٠	٦,٤٠	•	•	•	•	•	
٣٥٠	قويسنا	٣٠ ٣٥	٣١ ٠٨	٩,١٥	•	•	•			
٣٥١	الخطاطبة	٣٠ ١٩	٣٠ ٥٢	١٥,٢٣	•	•	•	•	•	
٣٥٤	الزقازيق	٣٠ ٣٥	٣١ ٣٠	٨,٢٧	•	•	•	•		
٣٥٧	وادى النطرون	٣٠ ٢٤	٣٠ ٢٢	٤٨,٩٨	•	•	•	•	•	
٣٦٠	شبين الكوم	٣٠ ٣٦	٣١ ٠١	١١,٥٠	•	•	•	•		
٣٦٤	انشاص	٣٠ ٢٣	٣١ ٢٨	٢٩,٧٧	•	•	•	•		
٣٦٥	بلبيس	٣٠ ٢٤	٣١ ٣٥	٢٩,٤٨	•	•	•	•		
٣٦٦	القاهرة(المطار)	٣٠ ٨	٣١ ٢٤	٦٤,١٢	•	•	•	•		•
٣٦٨	غرب القاهرة	٣٠ ٦	٣٠ ٥٤	١٦٣,٣٤	•	•	•	•		
٣٦٩	بهتيم$	٣٠ ١٨	٣١ ١٥	١٦,٩٠		•	•	•	•	
٣٧٠	القطامية	٣٠ ٠٢	٣١ ٥٠	٢٤٤,٧٠	•	•	•	•		
٣٧١	القاهرة(المركز الرئيسى)$#	٣٠ ٠٥	٣١ ١٧	٣٤,٤٠						
٣٧٥	الجيزة$	٣٠ ٠٣	٣١ ١٣	١٨,٦٥					•	
٣٧٧	حلوان	٣٠ ٢٩	٣١ ١٢	٤٤,٠٢	•	•	•	•	•	
٣٨٠	كوم اوشيم	٢٩ ٣٣	٣٠ ٥٣	١,٢٨	•	•	•	•		

(+) ارتفاع سطح المحطة عن سطح البحر (متر) ($) محطات تقيس عنصر الإشعاع الشمسى.
(#) محطات تقيس كمية الأوزون. (@) العناصر الجوية المقاسة: ١- الضغط الجوى ٢ - درجة الحرارة
٣ - الرطوبة النسبية ٤ - كمية المطر ٥ - عدد ساعات سطوع الشمس ٦ - الرياح السطحية

بيان باسماء المحطات المستخدمة

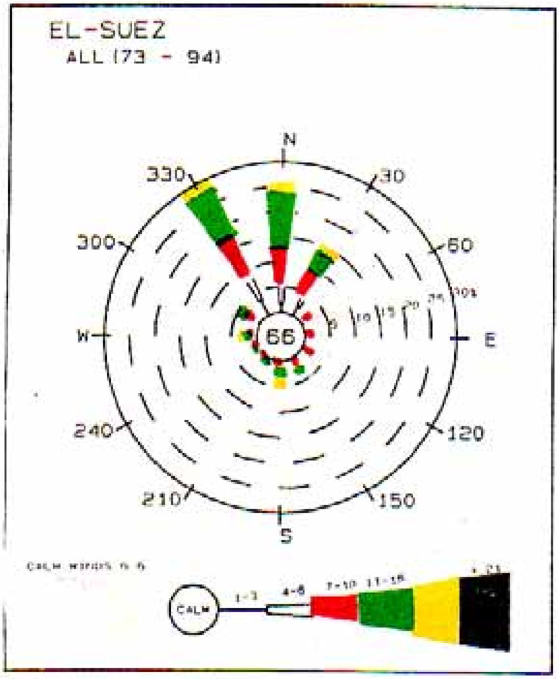
رقم المحطة الدولي	اسم المحطة	خط العرض شمالا ° /	خط الطول شرقا ° /	الارتفاع بالمتر	العناصر المقاسة @ ١	٢	٣	٤	٥	٦
٣٨١	الفيوم	٢٩ ١٨	٣٠ ٥١	٢٣,٤٣	•	•	•	•		
٣٨٢	بنى سويف	٢٩ ١٢	٣٠ ٠١	٣٢,٤٠	•	•	•	•		
٣٨٥	بير عريضة	٢٨ ٥٨	٣١ ٤٤	٣٣٣,٣٠	•	•	•	•		
٣٨٧	المنيا	٢٨ ٠٥	٣٠ ٤٤	٣٧,١٥	•	•	•	•	•	•
٣٩٢	اسيوط$	٢٧ ١٢	٣١ ١٠	٥٢,٠٠					•	
٣٩٣	اسيوط (المطار)	٢٧ ٠٣	٣١ ١	٢٢٦,٠٠	•	•	•	•		
٣٩٧	سوهاج	٢٦ ٣٤	٣١ [illegible]	٦١,٣٦	•	•	•	•		
٤٠٢	قنا	٢٦ ١٠	٣٢ [illegible]	٧٧,٧٢	•	•	•	•		
٤٠٥	الأقصر	٢٥ ٤٠	٣٢ ٤٢	٨٣,٢٥	•	•	•	•		•
٤١٤	أسوان $#	٢٣ ٥٨	٣٢ ٤٧	١٩٤,٢٣	•	•	•	•	•	•
٤١٧	سيوة(السطحية)$	٢٩ ١٢	٢٥ ١٩	١٥,٠٠	•	•	•	•	•	•
٤١٩	أبوسمبل	٢٢ ٢٢	٣١ ٣٦	١٨٧,٠٠	•	•	•	•		•
٤٢٠	الواحات البحرية	٢٨ ٢٠	٢٨ ٥٤	١٢٧,٧٤	•	•	•	•		•
٤٢٣	الفرافرة	٢٧ ٠٣	٢٧ ٥٨	٨٢,٢٠	•	•	•	•		
٤٢٥	العوينات	٢٢ ٢٨	٢٨ ٤٢	٢٧٣,٨٠	•	•	•	•		
٤٣٢	الداخلة	٢٥ ٢٩	٢٩ ٠٠	١٠٦,٢١	•	•	•	•		•
٤٣٥	الخارجة الزراعية$	٢٥ ٢٧	٣٠ ٢٣	٧٧,٧٩	•	•	•	•	•	•
٤٣٧	الصالحية	٣٠ ٤٧	٣٠ ٠٢	٦,٥٣	•	•	•	•		
٤٣٨	أبوصوير	٣٠ ٣٤	٣٢ ٠٦	١٤,٩٨	•	•	•	•		
٤٤٠	الاسماعيلية	٣٠ ٣٥	٣٢ ١٤	١١,٥٤	•	•	•	•		
٤٤٤	فايد	٣٠ ١٩	٣٢ ١٧	١٢,٣٢	•	•	•	•		
٤٥٠	السويس	٢٩ ٢٥	٣٢ ٢٨	٢,٤٨	•	•	•	•		
٤٥٥	رأس سدر	٢٩ ٣٥	٣٢ ٤٢	٣,٢٦	•	•	•	•		•
٤٥٦	رأس النقب	٢٩ ٣٦	٣٤ ٤٤	٧٤٩,٠٠	•	•	•	•		
٤٥٧	سانت كاترين	٢٨ ٤١	٣٤ ٠٤	١٣٤٩,٠٠	•	•	•	•		
٤٥٨	أبو رديس	٢٨ ٥٣	٣٣ ١٠	٢,٦٥	•	•	•	•		
٤٥٩	الطور	٢٨ ١٤	٣٣ ٣٧	٩,٠٠	•	•	•	•	•	•
٤٦٠	شرم الشيخ	٢٧ ٥٨	٣٤ ٢٣	٥٣,٨٧	•	•	•	•		
٤٦٣	الغردقة	٢٧ ٠٩	٣٣ ٤٣	٨,٤٣	•	•	•	•	•	•
٤٦٥	القصير	٢٦ ٠٨	٣٤ ١٨	٨,٧٠	•	•	•	•		•
٤٧١	أبو الكيزان	٢٤ ٥٥	٣٥ ٥٢	٤,٠٠	•	•	•	•		
٤٧٥	رأس بناس	٢٣ ٥٨	٣٥ ٣٠	٣,٦٦	•	•	•	•		•

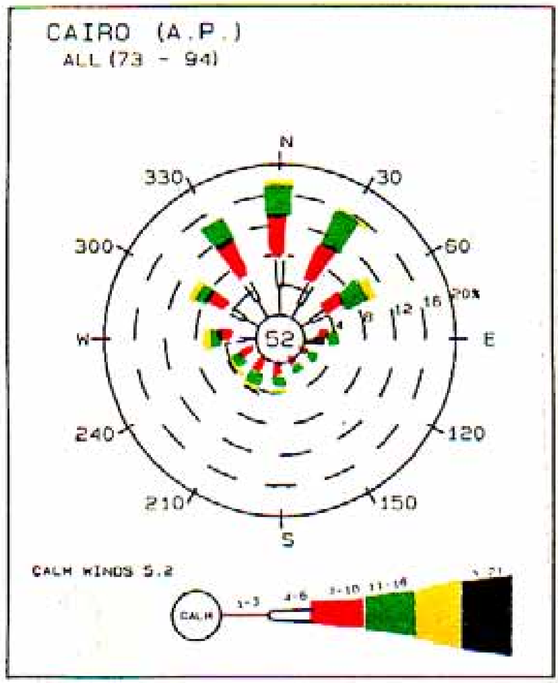
(+) ارتفاع سطح المحطة عن سطح البحر(م)

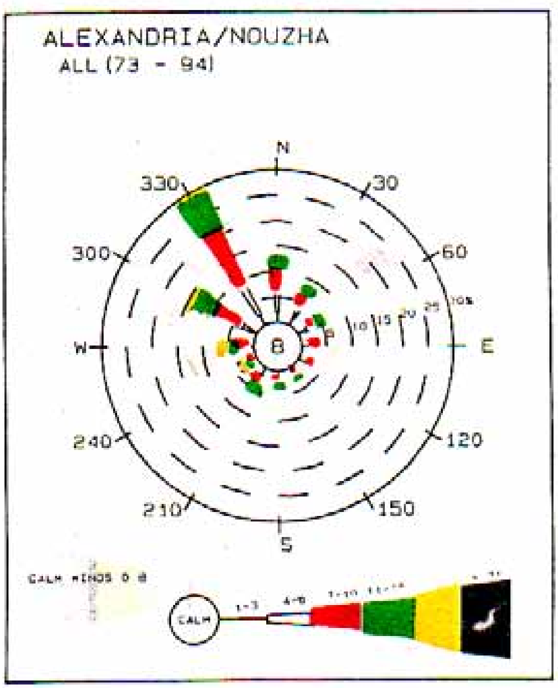
($) محطات تقيس عنصر الإشعاع الشمسي.(#) محطات تقيس كمية الأوزون. (@) العناصر الجوية المقاسة: ١- الضغط الجوى

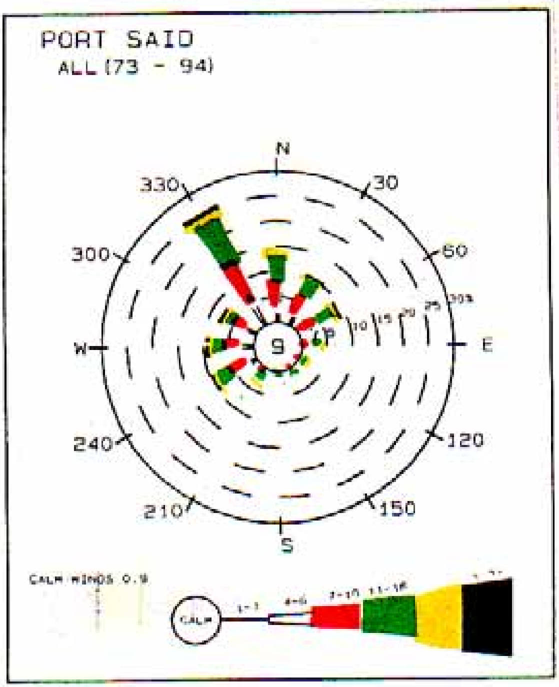
٢-درجة الحرارة ٣ - الرطوبة النسبية ٤ - كمية المطر ٥ - عدد ساعات سطوع الشمس ٦ - الرياح السطحية

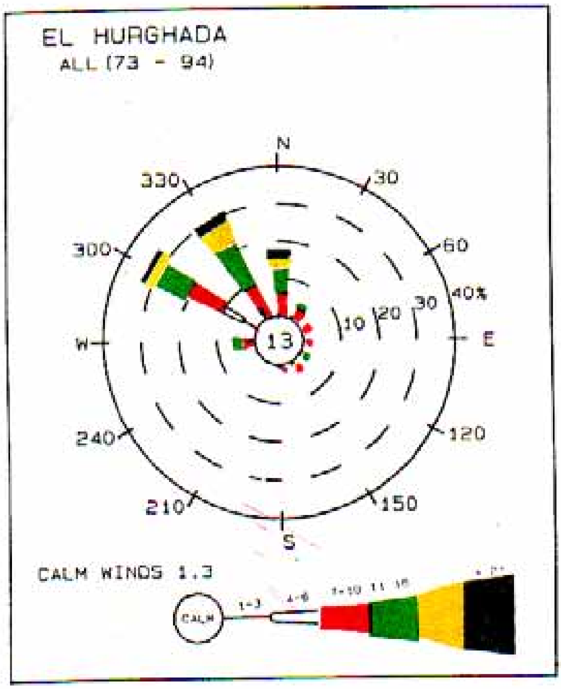
أولا : وردة الرياح

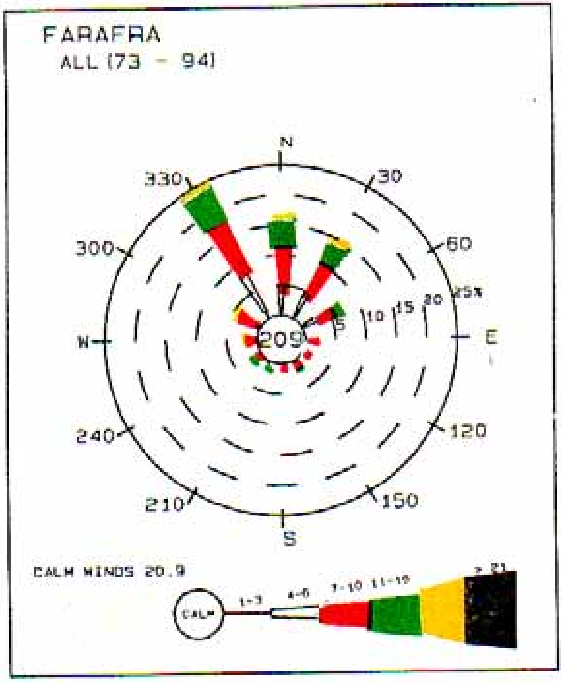

EL-SUEZ
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
66
CALM WINDS 6.6
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16

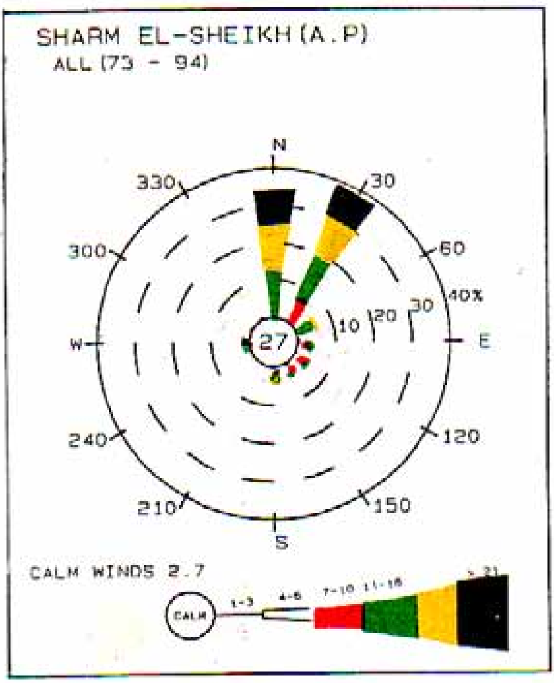

CAIRO (A.P.)
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
52
CALM WINDS 5.2
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16

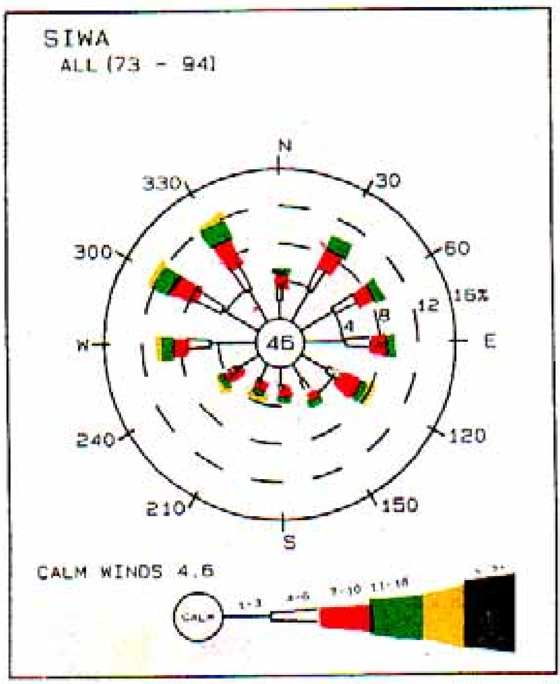

ALEXANDRIA/NOUZHA
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
8
CALM WINDS 0.8
CALM
1-3
4-6

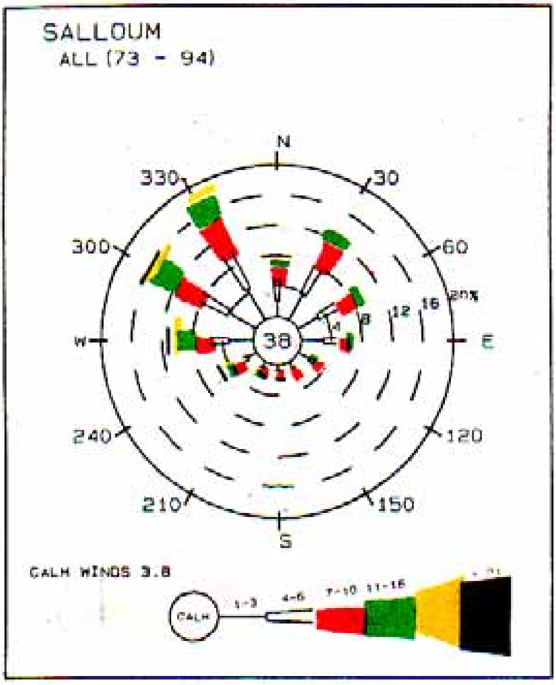

PORT SAID
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
9
CALM WINDS 0.9
CALM

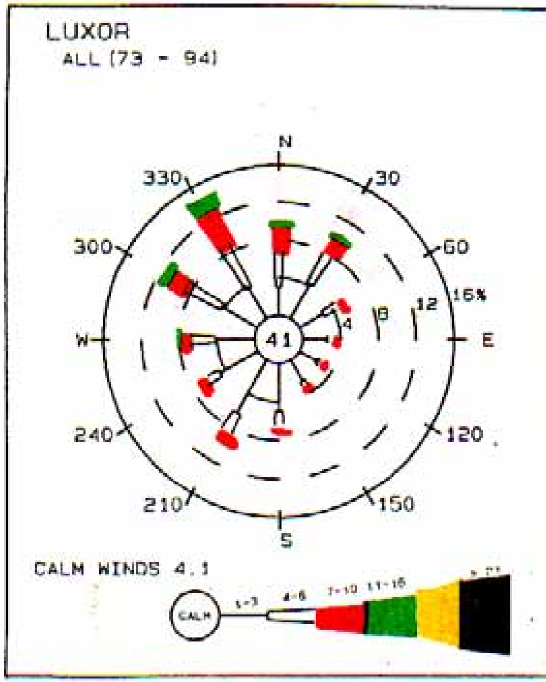

EL HURGHADA
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
10
20
30
40%
13
CALM WINDS 1.3
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16
> 21

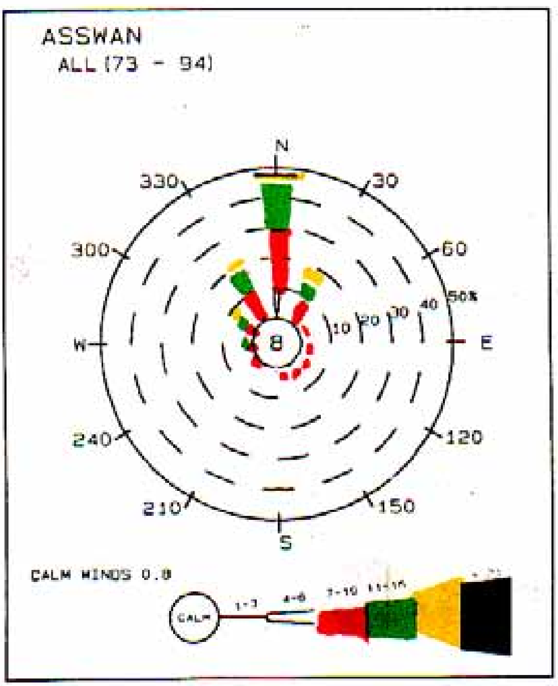

FARAFRA
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
5
10
15
20
25%
209
CALM WINDS 20.9
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16
> 21

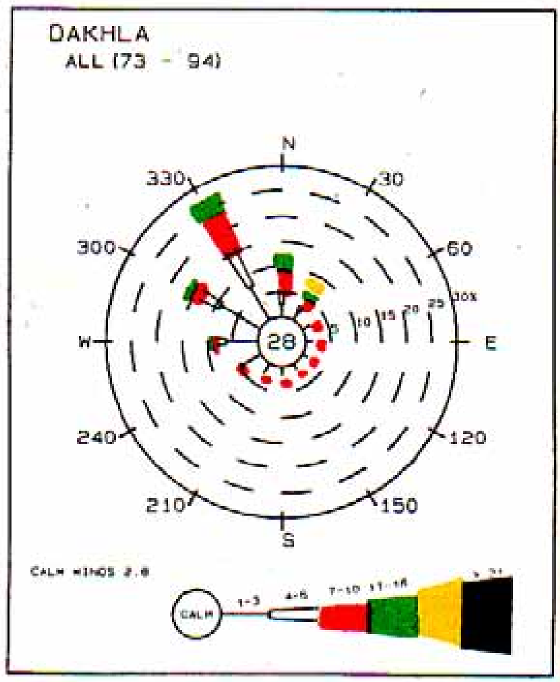

SHARM EL-SHEIKH (A.P)
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
10
20
30
40%
27
CALM WINDS 2.7
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16
> 21

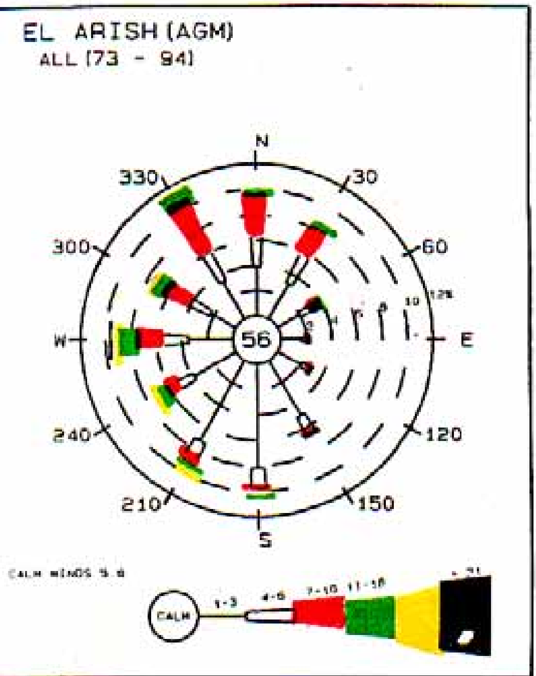

SIWA
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
4
8
12
16%
46
CALM WINDS 4.6
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16

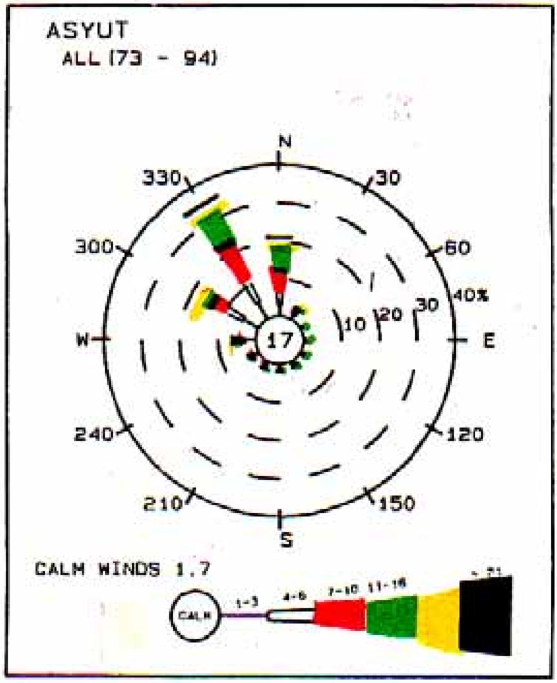

SALLOUM
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
38
4
8
12
16
20%
CALM WINDS 3.8
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16

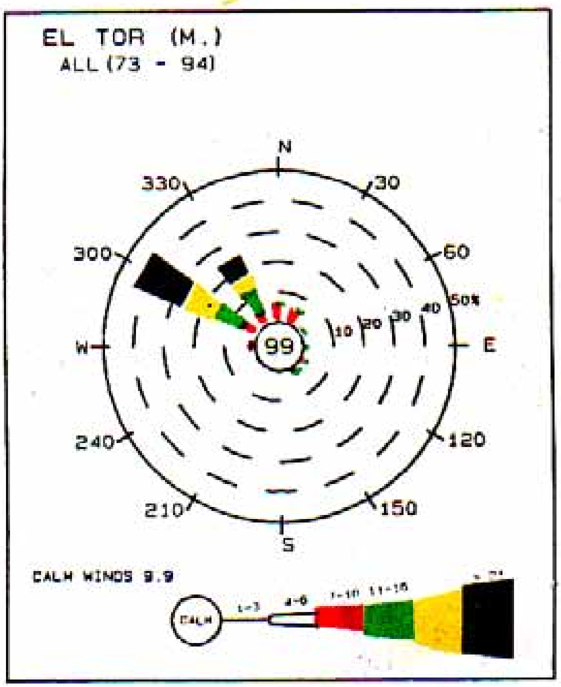

LUXOR
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
41
4
8
12
16%
CALM WINDS 4.1
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16


ASSWAN
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
8
10
20
30
40
50%
CALM WINDS 0.8
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16


DAKHLA
ALL (73 - 94)
N
330
30
300
60
W
E
240
120
210
150
S
28
5
10
15
20
25
30%
CALM WINDS 2.8
CALM
1-3
4-6
7-10
11-16


EL ARISH (AGM)
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
56
CALM


ASYUT
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
10
20
30
40%
17
CALM WINDS 1.7
CALM


EL TOR (M.)
ALL (73 - 94)
N
30
60
E
120
150
S
210
240
W
300
330
10
20
30
40
50%
99
CALM WINDS 9.9
CALM

ABSOLUTE VALUE OF HIGHEST AIR TEMPERATURE (C) 61-90

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
SALLOUM	30.3	33.4	37.4	42.4	44.2	47.3	41.7	47.2	43.2	41.4	36.6	32.0
ALEXANDRIA	27.7	32.7	38.4	43.4	45.1	44.6	39.0	40.0	39.8	37.9	35.2	29.0
PORTSAID	25.8	29.2	30.1	38.4	38.2	39.1	35.2	34.0	33.6	34.5	30.0	24.9
ELARISH	30.5	31.7	37.3	41.0	44.2	41.2	38.8	36.4	39.2	38.4	36.0	32.6
CAIRO	31.0	34.2	37.9	43.2	47.8	46.4	42.6	43.4	43.7	41.0	37.4	30.2
ASYOUT	32.2	39.8	44.2	44.6	47.8	48.4	44.3	45.2	43.5	41.5	37.6	33.3
LUXOR	32.9	38.5	44.8	46.2	48.3	48.5	47.8	47.0	46.0	43.0	38.2	34.8
ASSWAN	33.3	39.0	44.0	45.3	48.4	49.3	46.8	48.3	46.7	44.8	39.3	35.4
SIWA	29.3	34.6	44.6	44.8	47.3	48.2	45.2	46.2	44.1	41.9	37.0	29.9
FARAFRA	31.8	37.2	41.5	46.4	47.5	47.8	44.7	45.1	43.6	42.6	37.8	31.2
DAKHLA	33.2	40.1	44.8	46.1	48.2	49.5	45.2	45.5	45.2	44.2	38.2	33.4
EL-SUEZ	29.4	39.0	35.9	42.8	43.6	46.1	44.1	45.8	41.2	41.0	37.0	34.0
ELTOR	28.8	29.7	35.9	38.9	42.6	42.4	42.5	40.5	38.2	35.6	33.0	29.6
SHARM EL-SHEIKH	29.6	30.6	32.2	38.8	42.8	45.0	42.6	43.6	43.2	39.8	35.2	30.7
EL HURGHADA	28.0	30.7	34.3	41.3	39.4	42.6	40.8	38.6	38.2	38.2	38.3	30.3

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF MAX. AIR TEMPERATURE (C) 61-90

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	18.7	19.7	21.5	24.0	26.6	30.1	31.1	31.1	29.7	27.4	23.9	20.3	25.3
ALEXANDRIA	18.5	19.2	21.1	24.4	26.8	29.2	29.9	30.5	29.7	27.5	24.0	20.1	25.1
PORTSAID	17.2	17.9	19.2	22.4	24.8	27.9	29.7	30.0	28.7	26.5	22.9	19.1	23.9
ELARISH	18.6	19.3	21.3	25.5	27.6	30.5	31.7	31.8	30.4	28.3	24.7	20.4	25.8
CAIRO	18.8	20.6	23.7	28.5	32.1	34.7	34.4	34.0	32.7	29.7	24.7	20.3	27.9
ASYOUT	19.8	22.1	26.0	31.4	35.2	37.5	36.6	36.1	34.3	31.4	25.7	21.1	29.8
LUXOR	23.0	25.5	29.8	35.1	38.8	41.5	40.8	40.5	38.9	35.4	29.3	24.5	33.6
ASSWAN	22.9	25.7	29.8	35.1	38.8	41.5	41.0	40.7	39.2	35.7	29.1	24.3	33.7
SIWA	19.4	21.5	24.9	30.0	34.0	37.5	37.5	37.1	34.7	30.5	25.1	20.6	29.4
FARAFRA	20.1	22.5	26.3	31.9	35.1	37.8	37.5	37.2	35.1	31.2	25.6	21.3	30.1
DAKHLA	21.5	24.0	28.2	33.4	36.6	39.0	38.7	38.4	36.2	32.9	27.1	22.9	31.6
EL-SUEZ	19.7	21.1	23.8	28.6	31.9	34.8	35.6	35.5	33.1	30.1	25.7	21.0	28.4
ELTOR	21.2	21.7	24.2	27.9	30.9	33.2	33.7	33.9	31.2	28.9	26.1	22.7	28.0
SHARM EL-SHEIKH	21.7	22.8	25.5	29.9	34.0	37.0	37.5	37.4	35.7	31.2	27.0	23.2	30.2
EL HURGHADA	21.2	22.2	24.4	27.6	30.6	32.9	33.3	33.5	31.9	29.7	27.3	22.6	28.1

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF DIURNAL VARIATION OF TEMPERATURE (C) 61-90

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	8.8	9.4	9.7	9.8	9.6	9.7	9.1	8.8	8.7	8.9	9.0	9.0	9.2
ALEXANDRIA	9.7	10.2	10.3	10.8	10.5	9.1	7.4	7.6	8.6	10.0	10.1	9.9	9.5
PORTSAID	5.9	6.1	5.7	5.9	5.8	5.8	5.7	5.5	5.2	5.1	5.7	6.0	5.7
ELARISH	11.0	11.5	12.1	13.3	13.0	12.8	11.4	11.2	11.2	12.1	12.7	11.7	12.0
CAIRO	9.8	10.7	12.0	13.7	14.5	14.9	12.7	12.7	12.3	11.7	10.8	9.9	12.2
ASYOUT	14.2	15.3	15.8	16.5	16.6	16.1	14.5	14.4	14.7	14.8	14.4	14.1	15.1
LUXOR	17.5	18.4	18.6	18.9	18.8	18.8	17.1	17.2	17.5	18.0	17.6	17.4	18.0
ASSWAN	14.5	15.7	16.2	16.4	16.4	16.6	15.3	15.3	15.9	15.6	14.4	14.1	15.6
SIWA	13.6	14.6	15.1	16.3	17.0	17.1	16.0	15.6	15.2	15.0	14.8	14.0	15.4
FARAFRA	15.5	16.8	17.1	18.0	17.5	17.1	15.8	15.6	15.6	15.6	15.4	15.8	16.3
DAKHLA	17.6	19.2	19.7	20.0	18.6	17.3	16.5	16.7	16.2	17.0	17.2	18.0	17.9
EL-SUEZ	9.7	10.0	10.9	12.4	12.6	12.5	11.9	11.4	10.6	10.3	9.9	9.3	10.9
ELTOR	11.8	11.5	11.2	10.8	10.5	9.7	9.3	8.5	8.0	9.9	11.4	11.3	10.4
SHARM EL-SHEIKH	8.7	9.2	9.4	9.9	10.4	10.9	10.2	9.6	9.4	8.2	8.4	8.1	9.3
EL HURGHADA	11.0	11.3	10.8	10.2	9.5	8.6	7.6	7.7	8.1	9.2	11.3	10.7	9.7

ABSOLUTE VALUE OF HIGHEST WIND SPEED (Kt) 61-94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
SALLOUM	36	65	37	37	35	32	32	33	29	29	33	45
ALEXANDRIA	38	39	35	31	32	30	23	24	27	32	36	40
PORTSAID	37	40	38	42	33	28	30	23	26	26	35	37
EL-ARISH	22	24	25	27	27	19	17	17	16	18	30	24
CAIRO	31	35	40	32	31	30	30	26	23	30	30	34
ASYOUT	30	34	37	38	39	29	28	32	26	26	32	29
LUXOR	21	23	32	30	29	20	30	31	31	26	18	23
ASSWAN	30	32	30	36	34	28	28	28	25	32	28	30
SIWA	32	35	38	33	32	28	23	30	24	27	34	31
DAKHLA	25	28	30	28	30	30	25	26	28	26	19	27
EL-SUEZ	33	34	29	37	30	32	23	26	25	25	24	33
EL HURGHADA	34	37	38	33	38	34	34	33	30	34	35	36

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF WIND SPEED (Kt) 73 - 94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	08.2	07.8	06.7	06.1	05.2	05.4	06.2	05.7	04.8	05.1	06.3	07.8	06.1
ALEXANDRIA	08.2	08.2	08.4	07.9	07.5	07.5	07.9	07.7	06.7	06.2	06.7	07.3	07.5
PORTSAID	11.4	12.1	12.8	13.5	12.5	11.8	11.4	10.7	11.0	11.2	11.4	10.9	12.3
ELARISH	04.5	05.0	04.9	04.5	04.2	03.8	03.6	03.3	03.3	03.4	03.9	04.2	04.0
CAIRO	07.0	07.8	08.4	08.5	08.7	07.9	06.8	06.7	06.7	06.7	06.0	06.5	07.2
ASYOUT	06.7	07.3	08.4	09.1	08.9	09.8	07.9	08.2	08.2	06.9	06.2	06.3	07.7
LUXOR	03.7	04.1	04.4	04.7	04.4	04.2	04.0	03.6	03.6	03.2	03.4	03.5	03.9
ASSWAN	09.2	09.4	09.8	09.5	09.3	09.2	08.8	09.1	09.1	08.6	08.8	09.0	09.1
SIWA	05.2	06.2	06.6	06.8	05.9	05.2	04.9	04.1	04.1	03.7	03.7	04.3	05.0
DAKHLA	04.1	04.4	04.9	05.1	04.9	05.6	04.9	04.9	04.9	03.9	03.8	03.7	04.5
EL-SUEZ	08.0	07.5	08.2	09.2	09.8	09.6	08.7	09.3	09.3	10.1	06.8	06.2	09.0
EL HURGHADA	09.4	09.5	09.7	09.5	09.9	11.3	09.7	11.4	11.4	09.1	08.8	09.0	09.7

MAXIMUM 24-HOURS PRECIPITATION AMOUNT (mm) 61-90

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
SALLOUM	33.5	44.4	13.6	27.0	17.1	9.2	0.0	0.0	12.4	37.1	25.3	70.8
ALEXANDRIA	42.6	52.3	21.1	13.0	8.8	0.3	2.0	0.0	22.6	39.0	64.6	54.3
PORTSAID	15.7	13.5	12.1	12.0	5.4	TR	0.0	0.0	26.8	20.7	20.8	15.3
ELARISH	27.0	12.0	16.7	46.5	3.8	0.3	0.0	0.0	TR	14.7	29.2	24.7
CAIRO	12.6	9.6	11.0	8.2	6.0	1.3	0.0	0.0	0.3	13.8	17.8	20.9
ASYOUT	0.1	2.5	1.0	2.5	1.8	0.0	0.0	TR	TR	TR	0.4	1.2
LUXOR	0.9	3.6	1.6	0.3	1.2	0.0	0.0	0.5	1.0	16.2	5.2	1.1
ASSWAN	0.1	TR	0.7	7.2	0.4	0.0	0.0	TR	TR	0.3	1.4	1.6
SIWA	16.7	8.0	17.7	13.6	1.8	TR	0.0	1.9	2.4	3.7	25.4	8.9
FARAFRA	7.7	3.2	0.8	4.7	0.3	2.6	0.0	0.0	0.0	TR	15.2	2.2
DAKHLA	5.0	0.3	1.1	4.9	TR	0.0	0.0	2.0	0.0	TR	0.0	TR
EL-SUEZ	22.0	7.3	16.3	9.2	22.0	0.0	0.0	0.0	2.0	9.6	9.7	9.7
ELTOR	6.2	5.6	1.0	3.2	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	1.4	11.6
SHARM EL-SHEIKH	0.1	3.8	10.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.2	3.0
EL HURGHADA	2.2	11.0	3.8	2.7	6.0	0.0	0.0	0.0	TR	4.3	3.0	15.0

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF TOTAL AMOUNT OF PRECIPITATION (mm) 61-90

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
SALLOUM	22.8	14.5	7.0	5.5	1.9	0.7	0.0	0.0	1.6	12.8	10.0	17.0	93.8
ALEXANDRIA	53.1	26.81	3.0	4.8	1.3	0.0	0.1	0.0	1.1	11.3	28.7	52.1	92.3
PORTSAID	20.6	12.5	9.7	3.8	1.5	0.0	0.0	0.0	2.8	6.2	6.7	14.6	78.4
ELARISH	22.1	14.61	4.01	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	13.1	22.7	3.3
CAIRO	7.3	4.0	4.3	1.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	1.4	3.3	5.6	28.2
ASYOUT	0.0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9
LUXOR	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.2	0.0	2.2
ASSWAN	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.4	0.1	0.1	2.2
SIWA	2.6	1.2	2.1	1.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	1.7	1.5	10.9
FARAFRA	0.7	0.3	0.1	0.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	2.6
DAKHLA	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
EL-SUEZ	4.6	2.3	3.5	1.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.2	1.5	3.1	19.4
ELTOR	1.1	1.0	0.2	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	4.7	8.5
SHARM EL-SHEIKH	0.0	0.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	1.0	4.1
EL HURGHADA	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	1.2	3.5

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF NUMBER OF DAYS OF OCCURENCE OF RAIN 73-94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	7.7	5.6	3.9	2.3	1.2	0.2	0.0	0.0	0.6	2.6	3.3	5.3	2.7
ALEXANDRIA	11.4	8.5	5.8	2.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.2	2.8	6.5	10.1	4.6
PORTSAID	6.5	6.4	3.6	1.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	3.0	5.2	2.3
ELARISH	7.8	6.9	5.3	1.6	0.6	0.1	0.0	0.0	0.1	2.1	5.1	6.6	3.2
CAIRO	4.3	3.4	2.6	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	1.7	3.0	1.7
ASYOUT	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1
LUXOR	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1
ASSWAN	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.1	0.1
SIWA	1.0	0.9	1.3	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.1	0.4
FARAFRA	0.5	0.3	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
DAKHLA	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
EL-SUEZ	2.0	2.0	2.0	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	15	0.7
ELTOR	0.6	0.9	0.7	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.7	0.3
SHARM EL-SHEIKH	0.3	0.2	0.5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.3	0.5	0.2
EL HURGHADA	0.3	0.2	0.7	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.5	0.2

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF NUMBER OF DAYS OF OCCURENCE OF SAND STORM 73-94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2
ALEXANDRIA	0.4	0.5	0.6	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5
PORTSAID	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
ELARISH	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
CAIRO	0.4	0.8	1.0	1.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6
ASYOUT	0.3	0.2	0.8	1.2	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3
LUXOR	0.3	0.6	1.2	1.7	1.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.1	0.5
ASSWAN	0.2	0.6	1.0	1.6	1.2	0.3	0.1	0.2	0.0	0.3	0.2	0.0	0.5
SIWA	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
FARAFRA	0.2	0.3	0.7	0.8	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
DAKHLA	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
EL-SUEZ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
ELTOR	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SHARM EL-SHEIKH	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EL HURGHADA	0.2	0.3	0.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF NUMBER OF DAYS OF OCCURENCE OF DUST 73-94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	4.7	4.9	5.3	4.9	3.0	2.2	1.4	0.9	0.9	1.7	2.9	4.5	3.1
ALEXANDRIA	1.9	2.6	2.8	3.1	1.7	0.6	0.1	0.1	0.2	0.8	1.1	1.9	1.6
PORTSAID	3.1	3.4	4.9	4.0	2.4	0.7	0.2	0.0	0.4	1.9	3.0	2.5	2.1
ELARISH	3.4	4.5	4.4	3.8	2.2	1.1	0.4	0.0	0.4	1.2	2.1	2.5	2.3
CAIRO	8.1	8.9	8.4	8.3	5.2	2.4	1.3	1.3	1.2	3.2	4.4	7.7	5.5
ASYOUT	7.2	8.0	11.6	14.1	12.3	12.4	8.1	7.0	7.0	4.2	3.8	5.0	7.7
LUXOR	3.8	4.4	7.0	8.5	6.1	2.9	1.8	1.8	1.8	1.3	1.0	2.4	3.6
ASSWAN	7.0	7.3	11.4	12.8	11.4	8.0	6.7	5.0	6.5	5.3	4.9	6.5	7.1
SIWA	2.9	4.2	5.4	6.4	3.9	2.4	1.9	1.4	0.6	1.0	1.2	2.3	2.6
FARAFRA	3.3	3.7	5.6	6.3	4.4	3.0	1.8	1.7	1.5	1.0	0.7	2.4	2.7
DAKHLA	2.4	4.4	6.5	6.4	6.4	6.3	3.8	1.9	2.5	1.5	0.6	1.0	4.3
EL-SUEZ	1.0	1.7	2.1	2.6	1.5	0.4	0.0	0.0	0.3	0.4	0.8	0.8	1.1
ELTOR	1.8	2.3	5.6	5.3	7.4	5.8	2.6	2.2	2.4	0.4	1.1	1.2	3.0
SHARM EL-SHEIKH	1.6	2.3	4.4	3.4	3.9	1.6	1.4	1.1	1.5	1.0	0.7	1.4	1.9
EL HURGHADA	2.8	4.6	5.7	6.6	5.6	5.2	4.0	4.3	4.1	2.1	1.6	1.7	3.7

MONTHLY AND ANNUAL MEAN OF NUMBER OF DAYS OF OCCURENCE OF FOG 73-94

STATION	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	MEAN
SALLOUM	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ALEXANDRIA	3.1	2.5	2.4	2.0	1.6	0.9	0.7	0.6	1.7	3.5	2.8	2.6	2.0
PORTSAID	0.4	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8	0.2
ELARISH	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5	0.4	0.7	0.3	0.3
CAIRO	1.5	0.9	1.5	1.3	0.6	0.9	2.3	2.8	2.0	2.4	2.2	2.0	1.6
ASYOUT	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1
LUXOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ASSWAN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SIWA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FARAFRA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DAKHLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EL-SUEZ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ELTOR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SHARM EL-SHEIKH	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EL HURGHADA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

اقصى مطر يومى خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠

Maximum Daily Rainfall (mm) During the Period 1961- 1990

العام	السلوم	مرسى مطروح	الإسكندرية	بورسعيد	القاهرة	أسيوط	الأقصر	أسوان	سيوة	الفرافرة	الداخلة	السويس	الطور	شرم الشيخ	الغردقة
1961	31.6	20.1	30.0	47.7	7.4	Tr	0.0	Tr.	3.6	2.2	tr.	8.0	5.6		2.1
1962	16.6	10.2	15.1	9.6	5.0	Tr	0.0	1.0	2.4	0.0	0.0	2.0	Tr.		0.0
1963	4.0	29.0	27.7	13.5	4.8	Tr.	Tr.	Tr.	16.0	0.3	0.0	3.0	11.3		0.0
1964	16.0	20.1	20.9	22.8	7.2	Tr.	1.0	Tr.	Tr.	0.6	0.0	4.0	5.3		0.0
1965	25.3	11.8	52.3	39.6	12.2	Tr.	1.0	Tr.	1.3	0.2	0.0	49.6	6.2		1.5
1966	44.4	22.4	10.1	10.8	11.0	2.0	0.9	1.4	2.6	2.6	Tr.	3.6	3.8		0.5
1967	17.6	10.7	30.0	6.7	3.2	2.0	Tr.	0.0	6.6	Tr.	0.3	22.0	1.0		2.4
1968	8.6	17.2	52.3	6.0	4.8	0.0	Tr.	7.2	3.7	0.0	0.2	2.8			3.0
1969	27.0	24.9	22.6	12.5	13.8	2.5	0.5	Tr.	1.5	7.7	5.0	2.7			2.7
1970	16.4	10.8	38.3	11.6	9.7	0.0	Tr.	0.0	3.0	Tr.	0.0	1.4			0.1
1971	5.8	14.6	29.6	15.0	16.7	1.0	Tr.	0.0	13.6	0.5	0.0	9.3			2.2
1972	23.0	23.7	42.1	17.8	17.8	1.0	Tr.	0.0	5.7	15.2	0.0	5.2			1.3
1973	15.5	25.4	28.0	10.1	5.4	Tr.	Tr.	0.3	1.4	Tr.	0.0	3.8			0.5
1974	33.5	34.6	28.5	11.6	8.9	Tr.	1.6	0.7	25.4	3.2	1.4				2.0
1975	17.3	35.1	37.8	10.8	7.5	2.5	3.6	0.9	8.9	3.2	0.0				11.0
1976	15.0	30.2	14.7	8.8	2.5	Tr.	7.0	0.1	1.7	Tr.	Tr.	0.0			0.1

اقصى مطر يومى خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠

Maximum Daily Rainfall (mm) During the Period 1961- 1990 (Cont.)

العام	السلوم	مرسى مطروح	الإسكندرية	بورسعيد	القاهرة	أسيوط	الأقصر	أسوان	سيوة	الفرافرة	الداخلة	السويس	الطور	شرم الشيخ	الغردقة
1977	70.8	63.8	24.3	8.6	5.6	Tr.	Tr.	0.0	1.8	0.0	0.0	9.2			Tr.
1978	37.1	31.7	22.3	10.3	9.1	1.2	Tr.	0.0	1.8	Tr.	Tr.	4.8			0.2
1979	25.2	22.2	15.6	23.5	12.7	Tr.	16.2	Tr.	1.7	Tr.	0.0	6.8			6.0
1980	10.2	18.5	28.0	8.2	6.6	Tr.	5.2	Tr.	0.4	Tr.	0.0	5.2			6.0
1981	20.2	11.8	35.8	5.3	2.7	Tr.	0.0	Tr.	0.4	Tr.	0.0	6.7			0.0
1982	14.2	21.0	64.4	24.0	10.8	0.4	0.4	0.4	8.0	1.3	1.0	7.7		0.0	1.5
1983	23.4	27.3	15.7	9.2	4.6	0.1	Tr.	0.0	3.8	2.2	Tr.	6.3		0.0	0.2
1984	20.4	11.4	17.0	8.0	12.6	Tr.	Tr.	0.0	4.7	0.4	0.0	9.7		2.6	0.2
1985	15.0	29.6	42.6	27.9	7.0	0.1	Tr.	1.6	3.4	0.7	0.0	16.3	11.6	3.0	4.8
1986	12.9	10.7	53.3	17.8	11.0	0.0	Tr.	0.0	0.9	Tr.	0.0	4.4	1.4	0.2	0.0
1987	13.7	25.4	29.7		20.9	1.3	Tr.	0.0	2.4	0.0	0.0	9.7	4.8	7.1	4.3
1988	25.3	29.6	35.2		9.4	Tr.	Tr.	0.0	17.7	0.8	0.0	16.5	3.8	2.6	6.5
1989	13.2	70.6	28.5		3.1	0.0	Tr.	0.0	0.7	3.1	0.0	0.8	0.2	10.3	0.1
1990	11.4	22.4	54.3		10.6	1.8	1.1	0.0	0.7	0.2	0.0	22.0	3.5	1.6	15.0

Tr. = Traces = depth <0.1mm

مناخ مصر

١- مقدمة

يتوقف مناخ أى منطقة على عدة عوامل من ابرزها :

أ ــ الموقع الجغرافى للمنطقة ووضعها بالنسبه لخطوط العرض.

ب ــ طبوغرافية وتضاريس الارض وما بها من مرتفعات، ومنخفضات.

ج ــ مدى قربها او بعدها عن المسطحات، المائية وتأثير ذلك على درجة الحــرارة والرطوبة وتكون السحب وسقوط الامطار.

د ــ توزيعات، الضغط الجوي لفصول السنة المختلفة وفقا للحركة الظاهرية للشمس والدوره العامه للرياح والكتل الهوائية التى تغزو المنطقة تحت تأثير التوزيعات، الضغطيه.

هــ ــ موقع المنطقة بالنسبة لمسارات، المنخفضات، الجوية.

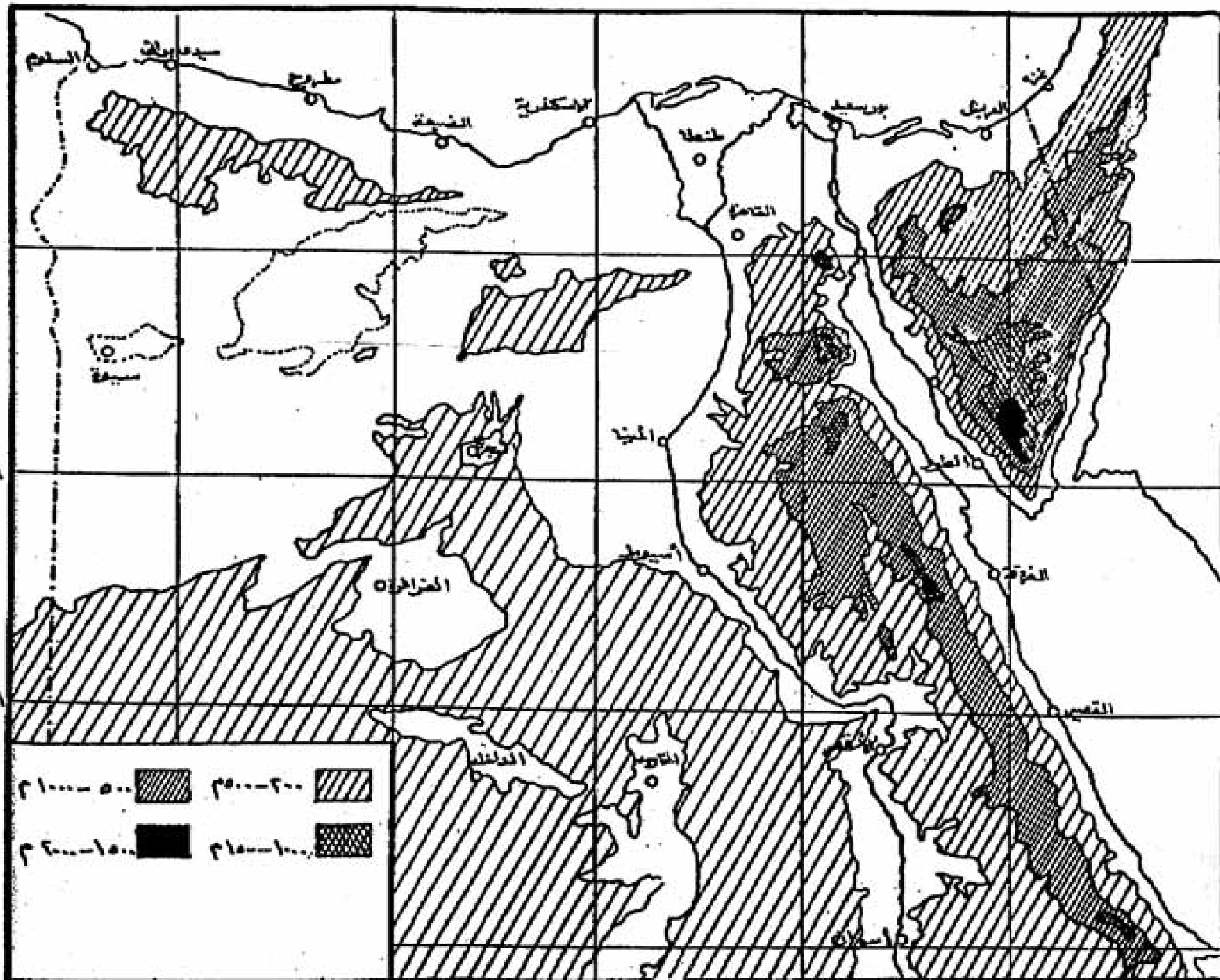
و ــ وضع المنطقة بالنسبة للاوضاع الجوية شبه الثابتة مثل مرتفع سيبريا الجـوى الشتوى ومرتفع الازورس ومنخفض الــهند الموســمى ومنخفــض الســودان الموسمى والجبهه بين المدارية والجهه تحت المدارية.

٢-العوامل المؤثره على مناخ مصر

٢-١الموقع

تقع مصر فى المنطقة تحت المدارية Sub-Tropical بين خطى عــرض نحــو ٢٢ درجة - ٣٢ درجة شمالا التى تتميز بوجه عام بالحرارة والجفاف وقلة الامطــار وهى جزء من حزام الصحراوات، الافريقيه.

كما أن مصر أرض منبسطة فيما عدا البحر الاحمر ومنطقة سيناء فــهى منطقــة جبلية وخاصة المنطقة الواقعة جنوب سيناء حيث تصل قمم بعض الجبال الى نحـو ٢٥٠٠ مترا (أنظر شكل ١) - واهم تاثير لطبيعة سيناء وساحل البحر الاحمــر



شكل (١) تضاريس جمهورية مصر العربية

يكون على درجة الحرارة والهطول فبديهى ان تكون المناطق الجبلية العالية منخفضة الحرارة وتتساقط عليها الثلوج شتاءا. كما ان لهذه الجبال تاثير مباشر على سرعة واتجاه الرياح وكذلك حدوث الامطار والعواصف الرعدية.

ويحد مصر من الشمال البحر المتوسط، ومن الشرق البحر الاحمر، والبحر المتوسط ذو مساحة كبيرة وتيارات الرياح القادمة من فوقه الى مصر لايعترضها جبال عاليه او حواجز فالارض فى مصر كما سبق ان ذكرنا اغلبها منبسطة لذلك كان للبحر المتوسط تأثيرا ملحوظا على مناخ الجزءالشمالى من مصر خاصة حتى خط عرض ٣٠ درجة شمالا. وأما جنوب هذه المنطقة فيقل التأثير بسرعة ويكاد ينعدم بعد مصر الوسطى(حتى خط عرض نحو ٢٧ درجة أو ٢٨ درجة شمالا).

أما البحر الاحمر فان تأثيره محدود لان الرياح السائدة طوال العام هى الشمالية الغربية التى تكون موازية لسواحل البحر، الاانه فى فصلى الربيع والخريف وعندما يمتد منخفض السودان الموسمى الى الشمال فانه يجلب معه رياح جنوبية الى جنوبية شرقية تمر على مياه البحر الاحمر حيث تحمل كمية معقولة من بخار الماء مما يجعل الامطار فوق مناطق شمال البحر الاحمر وسيناء والقنال والدلتا غزيرة أحيانا لتوفر بخار الماء.

٢-٢ توزيعات الضغط الجوى ومراكز الضغط والجبهات شبه الثابتة خلال فصول السنة المختلفة

أولا الشتاء (ديسمبر، يناير، فبراير)

يبين شكل(٢-أ) خريطه توزيع متوسط الضغط الجوى عند منسوب سطح البحر لشهر يناير، حيث يظهر فى الخريطة مراكز الضغط الجوى والجبهات شبه الثابته. ففى أقصى الشمال الشرقى للخريطه يبدو المرتفع الجوى لسيبيريا حيث تمتد اطرافه فوق الاتحاد السوفيتى وايران وجزء كبير من شمال شبه الجزيرة العربية. كما يظهر مرتفع الازورس فى غرب الخريطة حيث يمتد فوق الشمال الغربى لافريقيا وغرب اوروبا. وتمتد الجهه تحت المداريه (S.T.F) فوق منتصف

الصحراء الكبرى لافريقيا حيث تعبر منتصف البحر الاحمر والخليج الفارسى وتمتد شرقا فوق جنوب الاتحاد السوفيتى.

ثانيا : الربيع (مارس،أبريل، مايو):

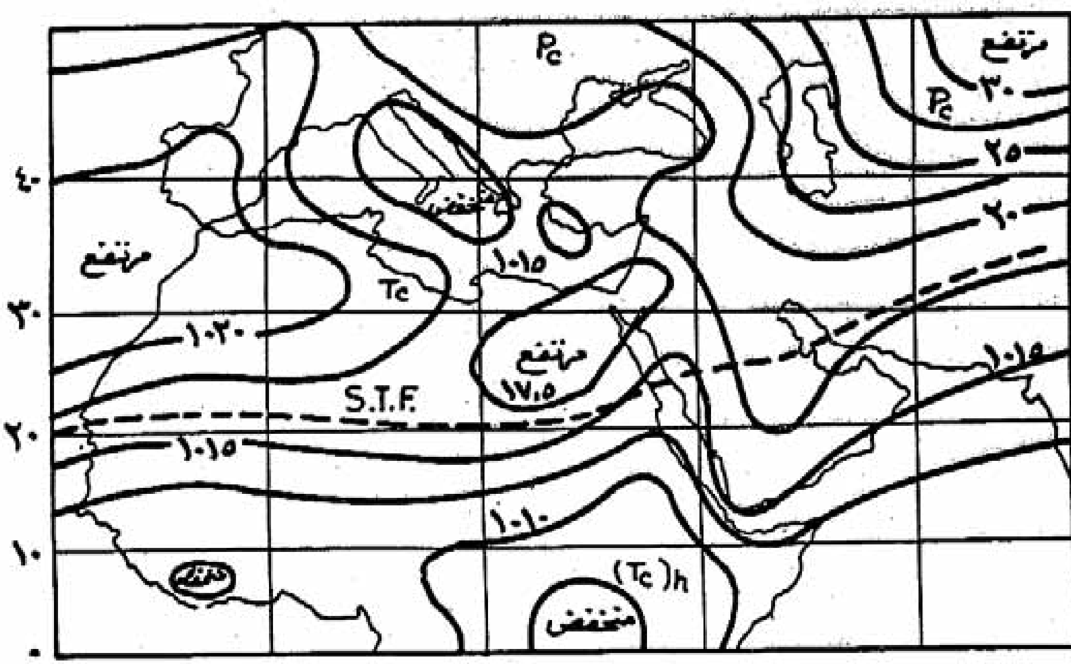
تتحدد سمات فصل الربيع نتيجه للحركة الظاهرية للشمس نحو الشمال، حيث تتعامد على خط الاستواء ويزداد التسخين للاراضى الواقعة فى جنوب آسيا وشمال افريقيا مما يؤدى الى ضعف وانكماش المرتفع السيبيرى نحو الشمال الشرقى (شكل ٢-ب) وضعف وانحسار مرتفع الازورس نحو الغرب مع حدوث ازاحه واضحه للشمال للمنخفضات الحرارية المتمركزه فوق وسط أفريقيا وظهور الجبهه بين المداريه (I.T.F) التى تفصل بين الرياح التجاريه الشمالية الشرقية لنصف الكرة الشمالى والرياح التجارية الجنوبية الشرقية لنصف الكرة الجنوبى، والتى تشكل حزام السحب المطير الدائم الذى يتحرك شمالا وجنوبا وفقا لحركة الشمس الظاهرية.

ثالثا : الصيف(يونيو ، يوليو ، اغسطس ، سبتمبر):

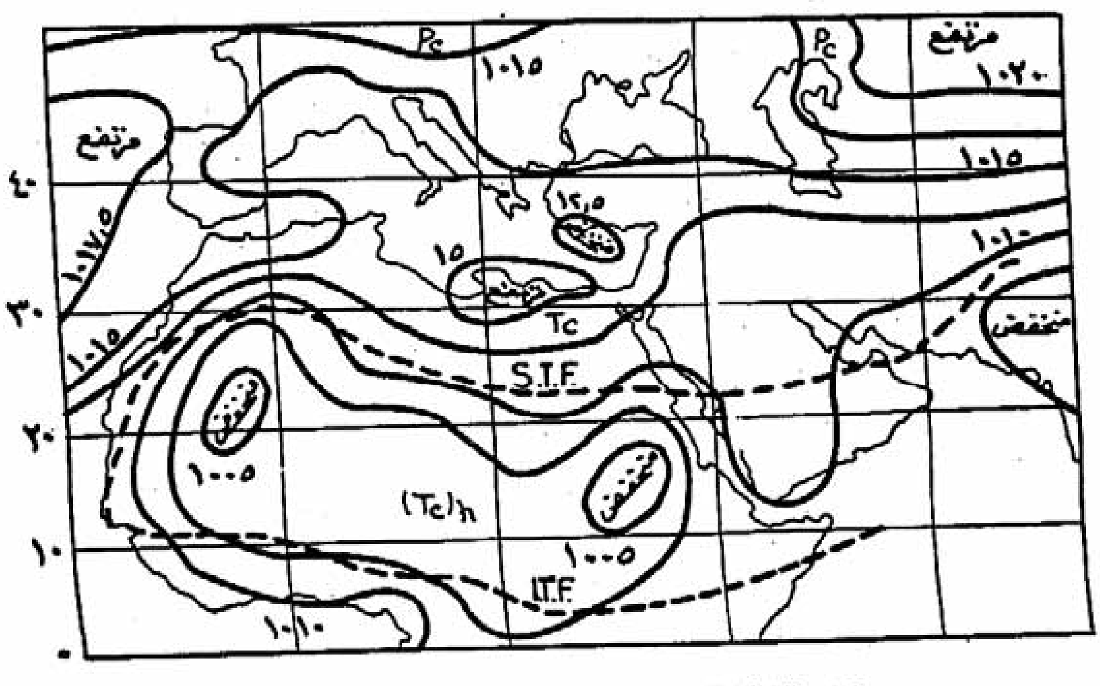
تتحدد سمات هذا الفصل من الحركة الظاهريه للشمس شمالا حيث تأخذ أقصى وضع لها فى الشمال وتتعامد على مدار السرطان (حوالى ٢٣ درجة شمالا) ويتميز هذا الفصل باختفاء المرتفع الجوى السيبيرى (شكل ٢-جـ) مع انحسار لمرتفع الازورس نحو الشمال الغربى وازاحه واضحة للشمال للجبهه تحت المدارية (S.T.F) والجبهه بين المداريه (I.T.F) اللتين تحصران بينهما منخفضات حرارية من أهمها منخفض غرب افريقيا الموسمى ومنخفض الهند الموسمى.

رابعا:الخريف (أكتوبر ، نوفمبر):

تبدأ الشمس فى حركتها الظاهرية نحو الجنوب حتى تتعامد على خط الاستواء وينشأ عن ذلك ان تبرد قارة آسيا وأوروبا خلال هذا الفصل كمقدمة لشهور الشتاء.



شكل (٢ ـ أ) توزيع الضغط الجوى عند متوسط منسوب سطح البحر ـ شهر يناير



شكل (٢ ـ ب) توزيع الضغط الجوى عند متوسط منسوب سطح البحر ـ شهر ابريل

ويتميز هذا الفصل بظهور المرتفع الجوى السيبيرى ومنخفض السودان الموسمى (شكل٢-د) كما تبدأ الجبهة تحت المدارية (S.T.F) والجبهة بين المدارية (I.T.F) فى التراجع نحو الجنوب.

٣- السمات الرئيسية لمناخ جمهورية مصر العربية

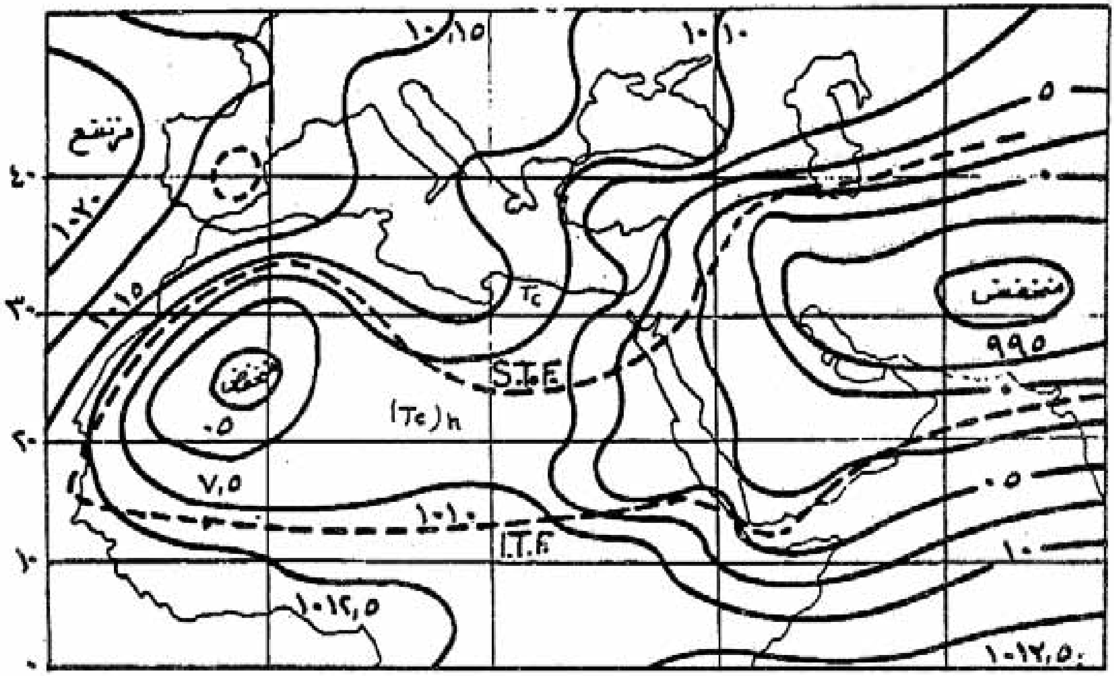
يمكن تقسيم مناخ مصر من وجهة النظر الميترولوجيه البحتة الى فصلين أساسيين:

٣-١ فصل الصيف (يونيو - يوليو - أغسطس سبتمبر)

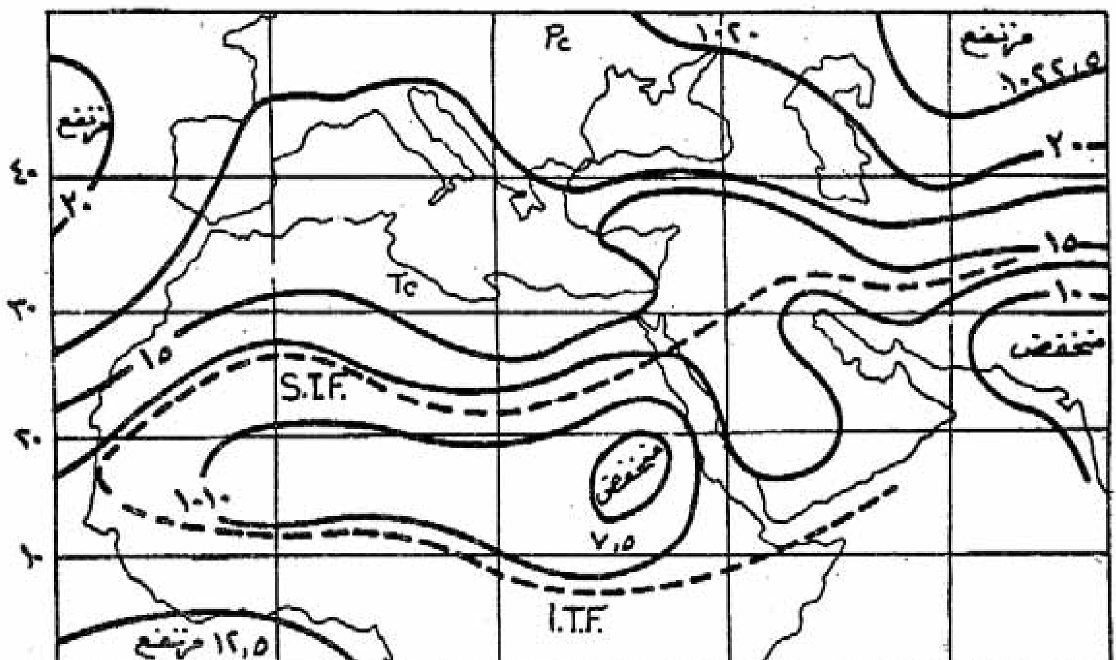
يؤثر منخفض الهند الموسمى تأثيرا واضحا خلال فصل الصيف على مناخ مصر بصفة عامة ، حيث تسود الرياح الشمالية الشرقية التى تأتى من شمال الهند مارة بشمال الجزيرة العربية ثم بالبحر الابيض المتوسط لتتحمل بالرطوبة وتصل الى شمال مصر على شكل رياح حارة ورطبه وهو ما يميز مناخ مصر بشكل عام خلال فصل الصيف. ويتميز شرق وجنوب سيناء وجنوب مصر بعنصر الجفاف بشكل نسبى عن باقى مناطق مصر حيث تصل الرياح الشمالية الشرقية اليها من شمال الهند وشمال الجزيرة العربية دون المرور على البحر الابيض المتوسط وتعتبر الشبورة المائية التى تصل احيانا الى حد الضباب اهم الظواهر الجوية لهذا الفصل. وهى تحدث خلال الصباح الباكر على شمال البلاد بصفة شبه يومية.

٣-٢ الفصل الشتوى البارد

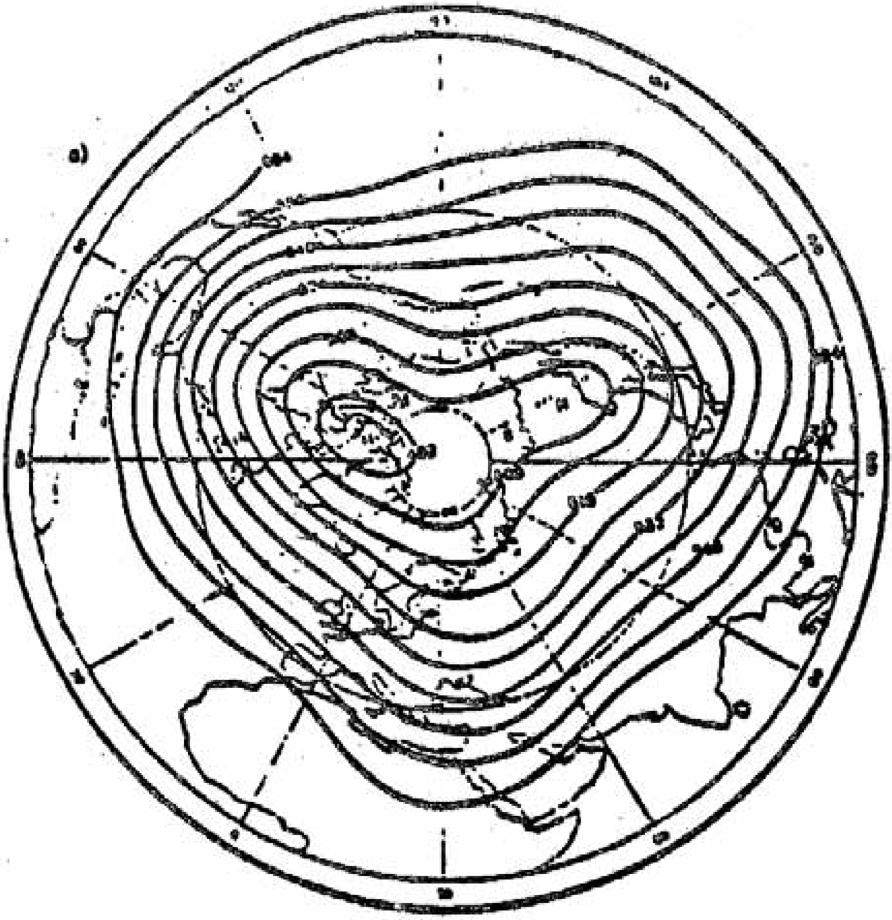
الفصل الشتوى البارد وهو الفصل الذى يمتد من منتصف الخريف حتى نهاية الربيع ، ويتميز بمرور الموجات الهوائية الطويلة فى طبقات الجو العليا عند خطوط العرض الوسطى (٤٠ -٦٠ درجة شمالا) حيث يحيط بنصف الكرة الشمالى بصفة دائمة خلال هذا الفصل ثلاث موجات فى المتوسط (شكل ٣) ويصاحب هذه الموجات منخفضات البحر المتوسط التى تتحرك مع الموجات من الغرب الى الشرق. ويحدث لهذه الموجات فى كثير من الاحيان بعد ان تعبر



شكل (٢ـج) توزيع الضغط الجوى عند متوسط منسوب سطح البحر ـ شهر يوليو



شكل (٢ـد) توزيع الضغط الجوى عند متوسط منسوب سطح البحر ـ شهر اكتوبر



شكل (٣) الموجات الهوائية الطويلة فى الفصل الشتوى البارد

المحيط الاطلنطى متجهه الى أوروبا بعض التشوه والانبعاج من تأثير تضاريس القاره الاوروبيه مثل سلسله جبال اسكندنافيه وجبال الالب وجبال الاورال.
ويعمل المرتفع الجوى السيبيرى على جلب كتل هوائية شديدة البرودة الى شبه جزيره سيناء فى أعقاب المنخفضات الجوية التى تعبر البحر المتوسط من الغرب الى الشرق. ويحدث ان يستقر بعض هذه المنخفضات فوق جزيرة قبرص لفترة تتراوح بين يومين الى خمسة ايام ثم يتعمق ليجلب فى اعقابه رياحا بارده شديدة السرعة ، ممايؤدى الى زياده حالة عدم الاستقرار فوق المنطقة وينتج عن ذلك تكون السحب الركاميه المزنيه التى يصحبها العواصف الرعديه والأمطار الغزيره.
كما يعمل مرتفع الازورس على جلب كتل هوائية بارده من غرب أوروبا تصاحب مرور منخفضات البحر المتوسط وتصل الى شمال مصر محمله ببخار الماء نتيجه لمرورها لفترة طويله فوق البحر المتوسط حيث تكون أقل بروده من الكتل الهوائية القطبيه، الا انها تؤدى ايضا الى حالات من عدم الاستقرار المصاحبه لسقوط الامطار التى تكون فى معظم الاحيان أقل غزاره من الحالات السابقة. وتفصل الجبهة تحت المدارية (S.T.F) والتى تقع عند حوالى خط عرض ٢٠ درجه شمالا بين الكتل الهوائيه الباردة القادمة من المجتمع السيبيرى ومرتفع الازورس وبين الكتل الهوائية الساخنه التى تغطى أواسط افريقيا فى الشتاء.
ويحدث فى كثير من الاحيان ان تتحطم هذه الجبهه فوق بعض مناطق شمال افريقيا وجنوب المحيط الاطلنطى نتيجة لتفاعل موجات الهواء العلوى الطويلة التى تمر على شمال الاطلنطى واوروبا مع كتل الهواء المدارية الرطبة الساخنة مما يؤدى الى جلب هواء مدارى يتميز بالسخونه والرطوبة العالية الى شرق البحر المتوسط يعمل على زيادة حالات عدم الاستقرار والتى يصاحبها سقوط الامطار الغزيرة على معظم انحاء البلاد.
وتتميز بداية هذا الفصل بنشاط منخفض السودان الموسمى حيث يمتد بذراعه نحو الشمال الى شمال البحر الاحمر وشبه جزيرة سيناء ، واذا تصادف خلال ذلك غزو للهواء البارد القادم من مرتفع سيبيريا فوق المنطقة فى طبقات الجو العليا فانه

تنشأ حالة من عدم الاستقرار الشديد تؤدى الى تكون السحب الرعديه وسقوط الامطار الغزيره التى تتسبب فى حدوث السيول فى جنوب سيناء وسلاسل جبال البحر الاحمر.

وفى نهاية هذا الفصل قد تتحرك بعض مسارات، المنخفضات، الجوية جنوبا فوق شمال افريقيا فتتسبب في حدوث الرياح الخماسينيه الحاره بينما يتحرك الآخر فوق البحر المتوسط جالبا فى اعقابه رياحا باردة من جنوب أوروبا ينتج عنها حالات، من عدم الاستقرار تؤدى الى سقوط الأمطار. وقد يتعاقب خلال هذا الفصل حدوث موجات، شديده الحرارة ويعقبها موجات، شتوية باردة.

وهذا التغير المفاجئ فى درجة الحرارة (والذى يطلق عليه غزو الهواء البارد) يؤدى فى معظم الاحيان الى حدوث عدم استقرار حاد يصاحبه العواصف الرعدية والامطار الغزيرة على الساحل الشمالى حتى المناطق الجنوبيه لشبه جزيرة سيناء وسلاسل جبال البحر الاحمر.

التحليل الاحصائي لبيانات الامطار للمدد الطويلة في مناطق التمد والكنتلا ورأس النقب ونخل بسيناء.

من التحليل الاحصائي لبيانات الامطار للمدد الطويلة لمحطات هيئة الارصاد المصرية في نخل والتمد ورأس النقب والكنتلا بسيناء (التمد ١٩٢٢-١٩٥٦ ، نخل ١٩٤٠ - ١٩٦٧ ، رأس النقب ١٩٤١ - ١٩٦٧ ، الكنتلا ١٩٤٤ - ١٩٦٧) يمكن استنتاج مايلي :

١ - متوسط كمية المطر الشهري بهذه المحطات موضحة بالجدول رقم (١)

جدول رقم (١) : متوسط كمية المطر الشهري بالمليلتر في التمد والكنتلا ورأس النقب ونخل

المحطة	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	السنوى
التمد	٣,٥	١٠,٤	١,٩	٣,٠	٤,٩	٤,٤	٠,٥	١,٩	٣٠,٥
الكنتلا	١,٠	١,٨	٣,٢	٣,٣	١,٩	٠,٤	٠,٤	١,٦	١٣,٦
رأس النقب	٠,٩	١,١	٣,١	٣,٥	٤,٦	٣,٦	١,٧	١,٥	٢٠,٣
نخل	١,٠	١,٨	٢,٩	٣,١	٢,٤	١,٥	٠,٤	٢,١	١٥,٢

٢ - متوسط المطر الفصلي بهذه المحطات موضحة بالجدول رقم (٢)

جدول رقم (٢): متوسط كمية المطر الفصلي بالمليلترفي التمد الكنتلا ورأس النقب ونخل

المحطة	امطار الخريف	امطار الشتاء	امطار الربيع	السنوى
التمد	١٣,٩	٩,٨	٦,٨	٣٠,٥
الكنتلا	٢,٨	٨,٤	٢,٤	١٣,٦
رأس النقب	٢,٠	١١,٢	٦,٨	٢٠,٠
نخل	٢,٨	٨,٤	٤,٠	١٥,٢

٣ – التحليل الاحصائى للايام المطيرة بهذه المحطات موضحة بالجدول رقم (٣):

جدول رقم (٣): عدد مرات حدوث المطر خلال مدد طويلة فى كل من التمد ونخل ورأس النقب والكنتلا

عمق المطر (مم)		عدد الايام الممطرة			
من	الى اقل من	التمد	نخل	رأس النقب	الكنتلا
٠,١	٠,٢	١	٠	٠	٠
٠,٢	٠,٥	٢	١	٠	٠
٠,٥	١	٤	٧	٤	٢
١	٢	٥	٨	١٧	١٦
٢	٥	٣٥	٣٢	٣٧	٣٥
٥	١٠	٣٢	١٩	٢٨	١٣
١٠	٢٠	١٢	٧	١٢	٧
٢٠	٥٠	١٠	٤	٤	١
٥٠	١٠٠	٣	٠	٠	٠
١٠٠	٢٠٠	١	٠	٠	٠
اجمالى ايام المطر		١٠٥	٧٨	١٠٢	٧٤
اجمالى المطر فى الفترة مم		١٠١٢,٧	٥١٠,٦	٥٤٨,٥	٣٢٥,٨
الفترة		١٩٥٦-٢٢	١٩٦٧-٤٠	١٩٦٧-٤١	١٩٦٧-٤٤
عدد السنين		٣٥	٢٨	٢٧	٢٤
متوسط عدد الأيام الممطرة فى السنة		٣	٢,٨	٣,٨	٣,١

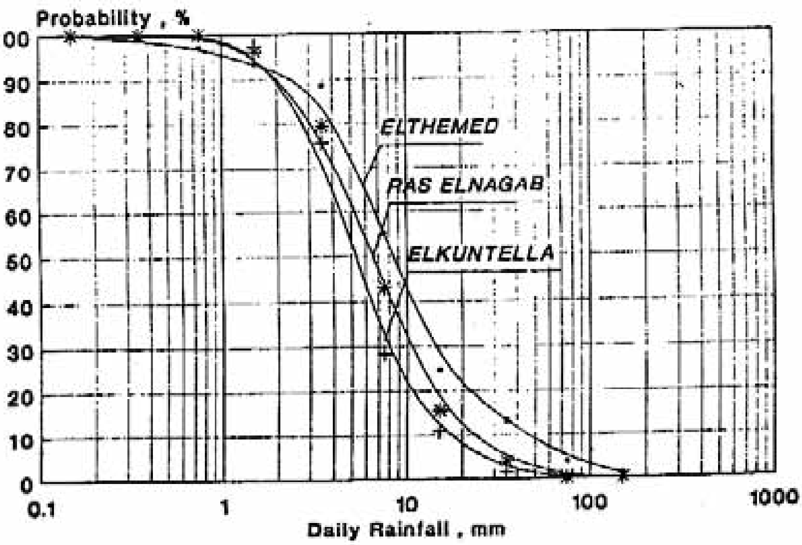
٤ – النسب الاحتمالية لعدد مرات حدوث المطر فى هذه المحطات مبينـة بـالجدول رقم (٤).

جـدول رقـــم (٤)

النسبه الاحتمالية التجميعية لعدد مرات حدوث المطر للايام المطيرة فى كل من التمد ونخل النقب والكنتلا

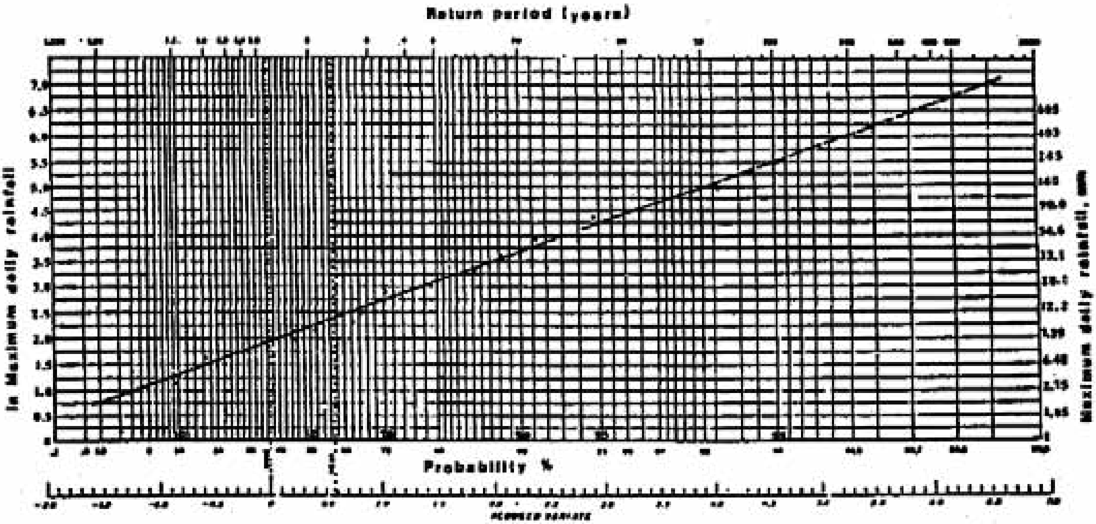
عمق المطر ، مـم		النسبة الاحتمالية التجميعية لحدوث المطر (نسبة مئويــــة)			
مـن	الى اقل من	التمـد	نخــل	رأس النقب	الكنتـلا
٠٫١	٠٫٢	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٠٫٢	٠٫٥	٩٩٫٠٥	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٠٫٥	١	٩٧٫١٤	٩٨٫٧٢	١٠٠	١٠٠
١	٢	٩٣٫٣٣	٨٩٫٧٤	٩٦٫٠٨	٩٧٫٣٠
٢	٥	٨٨٫٥٧	٧٩٫٤٩	٧٩٫٤١	٧٥٫٦٨
٥	١٠	٥٥٫٢٤	٣٨٫٤٦	٤٣٫١٤	٢٨٫٣٨
١٠	٢٠	٢٤٫٧٦	١٤٫١٠	١٥٫٦٩	١٠٫٨١
٢٠	٥٠	١٣٫٣٣	٥٫١٣	٣٫٩٢	١٫٣٥
٥٠	١٠٠	٣٫٨١	٠٫٠٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠
١٠٠	٢٠٠	٠٫٩٥	٠٫٠٠	٠٫٠٠	٠٫٠٠

٥- النسب الاحتمالية لعمق المطر اليومـــى يمكن ايضاحها بالشكل التالى رقم (١)



شكل رقـم (١) : النسبة الاحتمالية لعمق المطر اليومى فى التمد ورأس النقب والكنتلا

٦- العلاقة بين اقصى عمق لمياه الامطار والازمنة التكرارية المختلفه يمكن ايضاحها على ورق بياني للاحتمالات (لوغاريتمي كما هو مبين بالشكل رقم (٢)



ln-Gumbel plot for the maximum daily rainfall
For El-Themed, Sinai

شكل رقـــم (٢) : اقصى عمق لمياه الامطار خلال الازمنة التكرارية لمنطقة الثمد بسيناء مرسومة على ورق بيانى (لوغاريتمى - جمبل)

من الشكل رقم (٢) المبين اعلاه يمكن التنبؤ باقصى عمق لمياه الامطار تسقط فى يوم واحد فى منطقة الثمد بسيناء تصل الى ٢٢٨,٦ ملليمتر عند زمن تكرارى قدره مائة عام. وهى العاصفة التصميمية التى يمكن على اساسها حساب اقصى تصرف للوديان فى هذه المنطقة لزمن تكرارى قدره مائة عام.